



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

REŠERŽE NÁSTROJOVÝCH UPÍNACÍCH ROZHRANÍ **FRÉZOVACÍCH STROJŮ**

DESCRIPTION OF TOOL CLAMPING INTERFACE AT MILLING MACHINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JIŘÍ BARTUŠEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN PAVLÍK, Ph.D.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství
Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jiří Bartušek

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Rešerše nástrojových upínacích rozhraní frézovacích strojů

v anglickém jazyce:

Description of tool clamping interface at milling machines

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Proveďte rešerši v současnosti používaných nástrojových upínacích rozhraní frézovacích strojů (ISO, HSK,...), porovnání vlastností, užití a v návaznosti na to i rešerši upínačů pro malé frézovací nástroje s válcovým dříkem.

Cíle bakalářské práce:

Proveďte rešerši v současnosti používaných nástrojových upínacích rozhraní frézovacích strojů (ISO, HSK,...), porovnání vlastností, užití a v návaznosti na to i rešerši upínačů pro malé frézovací nástroje s válcovým dříkem.

Seznam odborné literatury:

www.gildemeister.com

www.mazak.com

www.okuma.com

MAREK, J. Konstrukce CNC obráběcích strojů, 2006. ISBN 1212-2572

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Pavlík, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku
2013/2014.

V Brně, dne 19.11.2013

L.S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce popisuje typy a charakteristiky nástrojových upínačů u frézovacích strojů, které jsou upnuty ve vřeteně stroje. Jsou zde vysvětleny konstrukční a funkční vlastnosti jednotlivých upínačů. Dále popisuje mechanismy upínání nástroje s válcovou stopkou v upínači. Práce popisuje použití, výhody a nevýhody upínačů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Upínač, nástroj, vřeteno, upínání, stopka, frézka.

ABSTRACT

This bachelor's thesis describes the types and characteristics of tool holders for milling machines, which are clamped in the spindle of machine. There are explained the structural and functional properties of individual toolholders. It also describes mechanisms for clamping tools with cylindrical shank in the toolholder. This work describes the use, advantages and disadvantages of the toolholders.

KEYWORDS

Toolholder, tool, spindle, clamping, shank, milling machine.

BIBLIOGrafocká Citace

BARTUŠEK, J. *Rešerše nástrojových upínacích rozhraní frézovacích strojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 37 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Pavlík, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu použitých zdrojů.

20. května 2014.....

Jiří Bartušek

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu práce Ing. Janu Pavlíkovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky. Dále bych chtěl poděkovat mé rodině za podporu ve studiu.



OBSAH

| | |
|---|----|
| 1. ÚVOD | 1 |
| 2. UPÍNAČ | 2 |
| 3. DRUHY UPÍNAČŮ | 3 |
| 3.1. MOŽNOSTI DĚLENÍ UPÍNAČŮ | 3 |
| 3.2. KUŽEL MORSE | 4 |
| 3.3. UPÍNAČ R8 | 5 |
| 3.4. UPÍNAČ ISO | 6 |
| 3.5. UPÍNAČ MAS BT | 8 |
| 3.6. UPÍNAČ CAT | 9 |
| 3.7. UPÍNACÍ SYSTÉM BIG – PLUS | 10 |
| 3.8. SYSTÉM NIKKEN 3 LOCK | 11 |
| 3.9. UPÍNAČE HSK | 12 |
| 3.10. UPÍNAČE CAPTO | 15 |
| 3.11. REDUKCE UPÍNAČŮ | 18 |
| 4. UPÍNAČE PRO MALÉ FRÉZOVACÍ NÁSTROJE S VÁLCOVOU STOPKOU | 19 |
| 4.1. KLEŠTINOVÉ UPÍNAČE | 19 |
| 4.2. UPÍNAČE WELDON A WHISTLE NOTCH | 20 |
| 4.3. POLYGONÁLNÍ UPÍNAČE | 21 |
| 4.4. HYDRAULICKÉ UPÍNAČE | 23 |
| 4.5. TEPELNÉ UPÍNAČE | 26 |
| 4.6. UPÍNAČE SINO | 28 |
| 4.7. UPÍNACÍ SYSTÉM SAFELOCK | 29 |
| 5. ZÁVĚR | 31 |
| SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ | 32 |
| SEZNAM OBRÁZKŮ | 36 |
| SEZNAM TABULEK | 37 |
| SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZNAČEK | 37 |



Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

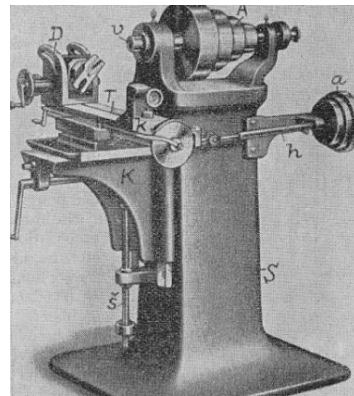
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



1. ÚVOD

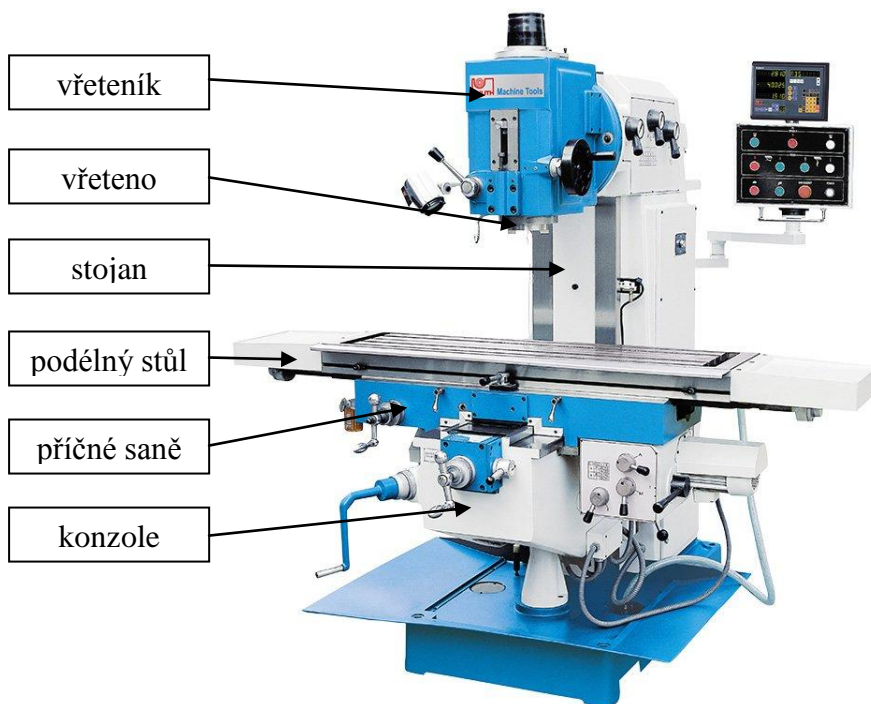
Původně bylo frézování definováno jako druh třískového obrábění, kde nástroj vykonává hlavní (rotační) pohyb a obrobek vedlejší (posuvný), ale díky vývoji strojů a řídicích systémů lze v současné době provádět frézování v několika osách najednou. Frézovat můžeme obecné, rotační vnitřní i rotační vnější plochy nebo závity. Díky rozvoji je frézování v současné době nejkomplexnějším druhem třískového obrábění s širokou škálou rezných nástrojů.

Historie frézování sahá k počátku 19. století. Hlavní rozvoj probíhal díky průmyslové revoluci. Na konci 18. století byly vyrobeny první frézovací nástroje, které se podobaly pilníkům. Postupem času vznikly první stroje se základními prvky dnešních frézek a nástroje se začaly podobat dnešním frézám. Významný vývoj nastal ve dvacátém století s příchodem automatizace. V současné době jde vývoj stále dopředu a běžně se používají CNC frézky. Tyto stroje mají obvykle integrované CAD/CAM systémy. Z konstrukčního hlediska se dělí frézky na:



Obr.1. Frézka z roku 1862[1]

- ❖ konzolové frézky - nejčastější typ ručních frézek, dále se dělí podle uložení vřetena na vodorovné, svislé a univerzální,
- ❖ stolové frézky ,
- ❖ rovinné frézky,
- ❖ speciální frézky - na frézování závitů, ozubení atd.,
- ❖ CNC frézky - druhů je nespočet od klasických až po víceosé frézky.[1]



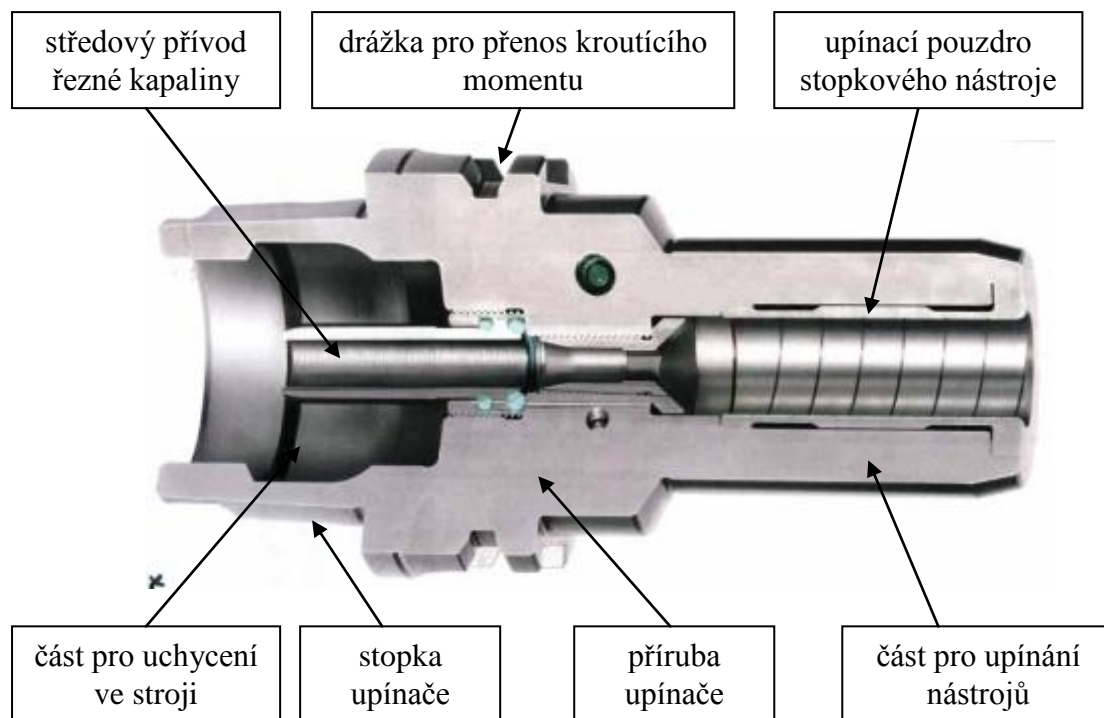
Obr.2. Části konzolové frézky[2]



2. UPÍNAČ

V této práci se budu zabývat nástrojovým rozhraním vřeteno - upínač a v druhé části provedu rešerši upínání nástrojů s válcovým dřikem (rozhraní nástroj - upínač). Upínač je nezbytným prvkem ke správnému upnutí nástroje do vřetene stroje.

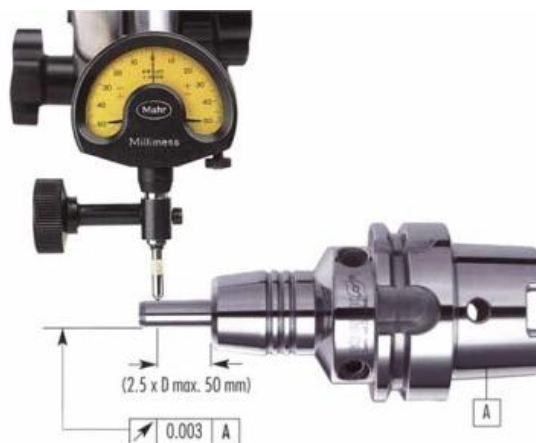
Každé rozhraní stroj – nástroj musí plnit svou funkci a mít část pro upínání do vřetene stroje, dále přechodovou část a v neposlední řadě část pro upínání nástroje (obr. 3).



Obr.3. Části upínače[3]

Požadované vlastnosti upínače:

- zajištění přesné polohy nástroje vůči souřadnému systému stroje,
- dostatečná upínací síla i při vysokých otáčkách,
- jednoduchá obsluha (při výměně nástroje),
- hodnota vyvážení upínače,
- přesnost upnutí (obvodové házení) nástroje (obr. 4),
- možnost přivést řeznou kapalinu až do těla nástroje,
- případně tlumení vibrací při obrábění.



Obr.4. Příklad měření házení[3]

Na trhu existuje mnoho různých typů upínačů pro různé požadavky v obrábění. Pro každou z mnoha možností lze vybrat optimální upínač, který se vyznačuje odlišnými vlastnostmi.[3]



3. DRUHY UPÍNAČŮ

Možností dělení upínačů podle upínací stopky je mnoho. Ve vřeteně stroje jsou upínací plochy, do kterých se upínají normalizované upínače. Tyto plochy mají různé tvary, u frézovacích strojů se většinou používá upnutí do kuželových otvorů, ale existují i jiné tvary. Dělení do různých skupin není přesně určující, protože jednotlivé skupiny se mohou prolínat.

3.1. MOŽNOSTI DĚLENÍ UPÍNAČŮ

Podle způsobu vyvození upínací síly:

- samosvorné – díky svému tvaru (strmosti kužele) vyvolají s plochou vřetena velkou třecí sílu, ta zabraňuje pohybu upínače (kužel MORSE),
- nesamosvorné – potřebnou třecí sílu zde musí vyvolat přídatný mechanismus (ISO, HSK atd.).

Podle tvaru stopky upínače:

- s kuželovou stopkou (HSK, ISO, CAT atd.),
- s polygonálním tvarem stopky (systém CAPTO),
- jiný tvar stopky.

Podle strmosti kužele:

- kužel 7:24 (BT, ISO, CAT atd.),
- 1:10 (HSK, KM upínače),
- 1:20 (kužel MORSE),
- Kužel R8,
- jiný kužel.

Podle délky kužele:

- dlouhý,
- krátký. [4]



Obr.5. Různé druhy stopek upínačů[5]



3.2.KUŽEL MORSE

Morse kužel patří k nejstarším způsobům upnutí, avšak u dnešních strojů se tolik nepoužívá. Tento typ kužele je samosvorný a není u něj potřeba dalšího upínacího mechanismu. Samosvornost znamená, že třecí síla mezi upínačem a vřetenem zabrání držáku v pohybu, z toho plyne snadná ruční výměna, která se provede naražením do vřetene stroje. Ve frézkách se ještě k tomu používá přídavná upínací síla pro zlepšení tuhosti upínacího rozhraní. K tomu je zapotřebí upínacího šroubu, který je zašroubován do závitu na stopce upínače. Upínače nejsou vybaveny vnitřními chladicími kanálky, proto se musí použít jiný typ chlazení. Pro přenos kroutícího momentu slouží drážky na přírubě upínače.

Vyjmutí upínače se musí provést ručním vyražením z vřetene stroje. To přináší spoustu nevýhod. Při vyrážení vznikají rázy, a to může způsobit poškození vřetene stroje. Z důvodu ručního vyrážení je nevhodný u strojů s automatickou výměnou upínačů.

Kuželovitost Morse kužele je okolo 1:20 a liší se jen podle velikosti stopky upínače. Upínače jsou v osmi velikostech od 0 do 7 (od nejmenšího po největší). Značení velikostí se značí zkratkou Mk a číslem velikosti (např. Mk1).



Kuželovitosti jednotlivých velikostí:

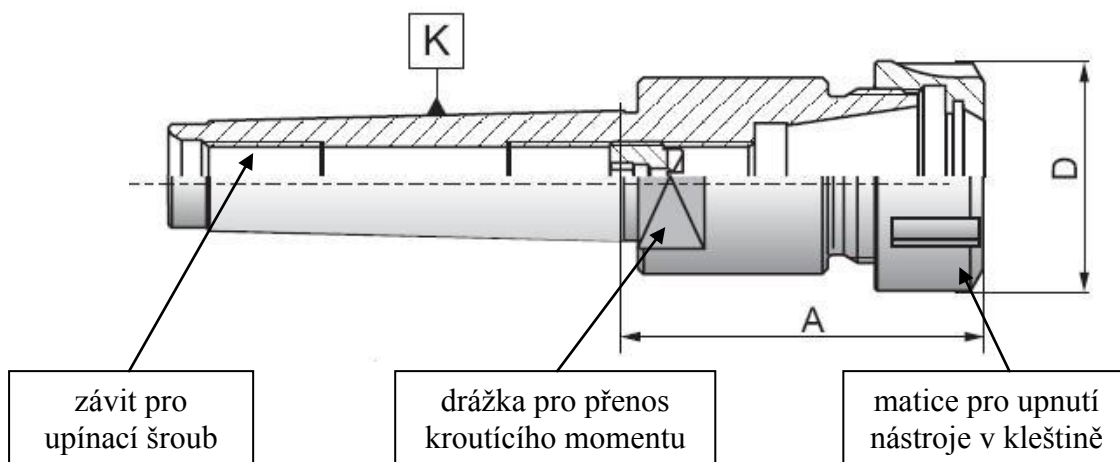
- Mk0 – 1:19,212,
- Mk1 – 1:20,047,
- Mk2 – 1:20,020,
- Mk3 – 1:19,922,
- Mk4 – 1:19,254,
- Mk5 – 1:19,002,
- Mk6 – 1:19,180,
- Mk7 – 1:19,231.

Upínače se nehodí k obrábění s velkým odběrem třísky, jelikož nemají velkou tuhost. V dnešní době se stále vyrábí hlavně jako redukce pro jiné typy upínání. [6]

Obr.6. Příklad upínače
s Morse kuželem[7]

| VÝHODY | NEVÝHODY |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| snadná ruční výměna | při vyrážení vznikají rázy |
| samosvornost | nevhodné pro automat. výměnu nástrojů |
| vhodná redukce pro jiné upínače | malá tuhost |
| | nevhodné pro velký úběr třísky |
| | nemá vnitřní chladicí kanálky |

Tab. 1. Výhody a nevýhody
upínače s Morse kuželem



Obr.7. Schéma kleštinového upínače s Morse kuželem[7]

3.3.UPÍNAČ R8

Upínač R8 byl navrhnout v USA firmou Bridgeport Machines Inc. pro použití v jejich frézkách. Z toho plyne, že upínač je rozšířen hlavně na severoamerickém kontinentě. V Evropě se tolik nevyužívá. Stroje s tímto nástrojovým rozhraním byly vyráběny hlavně ve 20. století.

Upínač je tvořen z kuželové a válcové části. Pro přenos řezné síly se využívá pouze třecí síla vzniklá na kuželových plochách nástrojového rozhraní. Kužel R8 není samosvorný a to je výhoda oproti upínači s Morse kuželem, nemusí se vyrážet z vřetena frézky. Úhel kužele je $16^{\circ}51'$, tudíž se musí využít dalšího mechanismu uvnitř vřetena k dosažení požadované třecí síly. Ta je zajištěna pomocí ustavovacího šroubu, který je zašroubován do upínače. Tato metoda je velice jednoduchá při ruční výměně upínače, při strojní výměně se používá minimálně.

Tuhost upínače R8 je podobná jako u upínače s Morse kuželem, tudíž je využíván pro téměř stejný typ obrábění. Je nevhodný pro velký úběr třísky. Používá se u menších strojů a pro menší frézy.[8][14]



Obr.8. Příklady velikostí upínače R8[8]

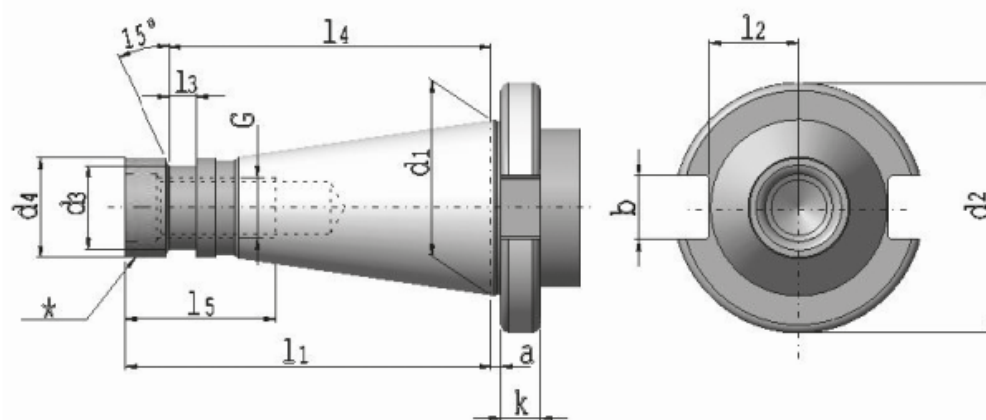


3.4. UPÍNAČ ISO

Upínače ISO jsou ve skupině, které mají stopku s kuželovitostí 7:24. Ta se nazývá tzv. strmý kužel. Je to starší typ upínače, který je převážně používán na evropském kontinentu. ISO upínače jsou vhodné jak pro ruční, tak i pro strojní výměnu. Samozřejmě se vyrábí ve více provedeních podle typu stroje, pro který jsou určeny. [6]

DIN 2080

Werkzeugaufnahmen
Toolholders



| DK | d1 | a | b | k | G | d2 | d3 | d4 | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 |
|----|-------|-----|------|----|-----|------|------|------|-------|------|-----|------|------|
| 30 | 31,75 | 1,6 | 16,1 | 8 | M12 | 50,0 | - | 17,2 | 68,4 | 16,2 | - | - | 24,0 |
| 40 | 44,45 | 1,6 | 16,1 | 10 | M16 | 63,0 | 21,1 | 25,0 | 93,4 | 22,5 | 7,0 | 82,0 | 35,0 |
| 50 | 69,85 | 3,2 | 25,7 | 12 | M24 | 97,5 | - | 39,2 | 126,8 | 35,0 | - | - | 50,0 |

Obr.9. Upínač ISO pro ruční výměnu[9]

Upínače pro ruční výměnu jsou na první pohled rozeznatelné od těch pro strojní výměnu. Na přírubě jim schází drážka pro uchopení manipulátorem (Obr. 9.). Také nemají vnitřní kanálky pro přívod řezné kapaliny. Při ruční výměně hrozí poškození nástroje neopatrnou obsluhou a znečištění upínače řeznou kapalinou. Samozřejmě by neměla být opomenuta možnost poranění obsluhy, která musí vstupovat do pracovního prostoru, kde jsou třísky a řezná kapalina. Nesporné výhody tohoto typu upínače jsou v pořizovací ceně. Ta je nízká díky jednoduchosti upínače oproti jiným typům upínačů. Ruční výměna se používá hlavně na jednoduchých CNC strojích a na klasických frézkách.[9][15]

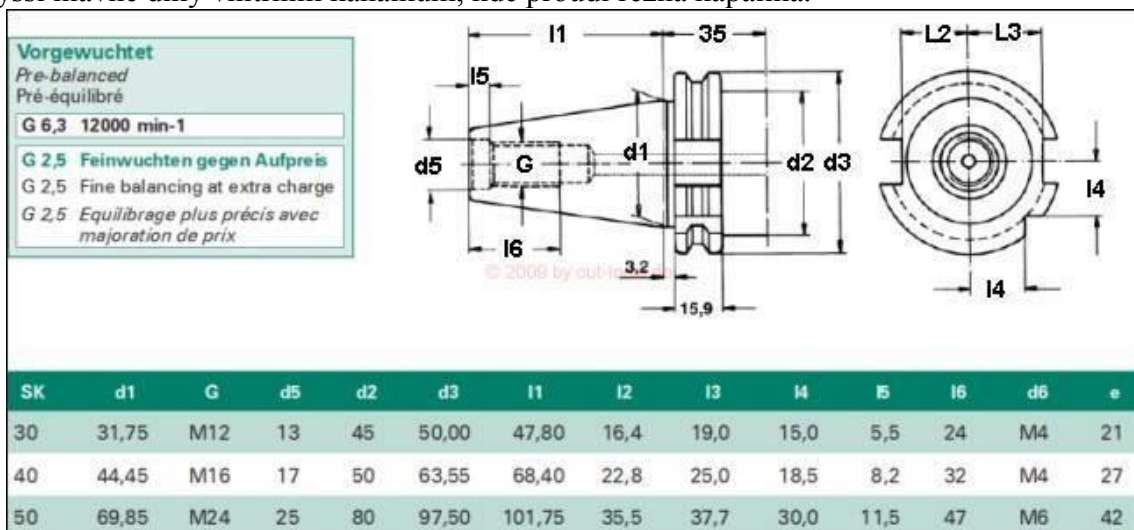


BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



Obr.10. Horizontální frézka s vřetenem pro ISO upínač[10]

Strojně vyměnitelné ISO upínače jsou v dnešní době mnohem častěji zastoupeny. Nesporná výhoda je v rychlosti výměny upínače. Moderní CNC frézky mají zásobník nástrojů, ze kterého se manipulačním zařízením dostanou do vřeten. Proto mají na přírubě lichoběžníkovou drážku pro snadné uchopení manipulátorem (Obr. 11.). Cena upínače je vyšší hlavně díky vnitřním kanálkům, kde proudí řezná kapalina.



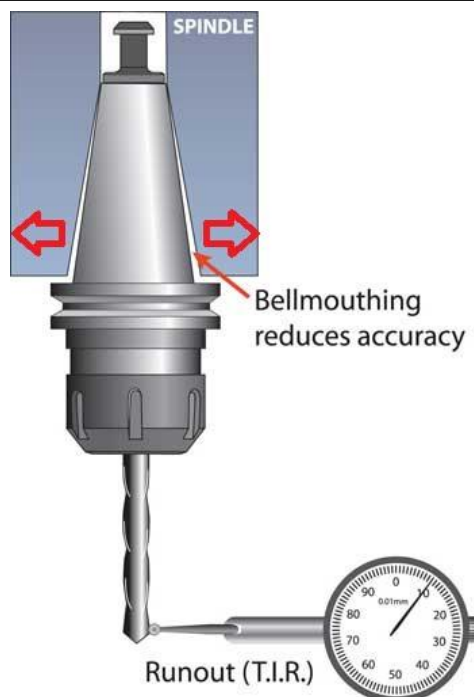
Obr.11. ISO upínač pro automatickou výměnu[11]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Tento typ upínače je nesamosvorný. Přenos krouticího momentu se přenáší pomocí tření na kuželové ploše, z toho vyplývá potřeba mechanismu pro upnutí. Při vyšších momentech a otáčkách slouží pro přenos řezných sil drážky pro unášecí kameny na přírubě upínače. Velká strmost kuželu znamená jednoduchost nasazování a vyndávání z vřetena. Hlavní nevýhodou je malá tuhost uložení a nepřesnost v axiálním uložení upínače. To je dáno tím, že při vysokých otáčkách dochází k rozšíření kuželu vřetena. Tím se taky zmenší styková plocha a možnost přenosu krouticího momentu třením (Obr. 12.). [12]

Upínač proto není vhodný k vysokorychlostnímu obrábění a používá se hlavně pro klasické obrábění. Rozsah otáček je dán výrobcem upínače a ti garantují maximální osové házení při nejvyšších otáčkách. Většinou se hodnoty vyvážení pohybují okolo stupně jakosti G 6,3 při rozsahu otáček 4000 – 15000 ot·min⁻¹.



Obr.12. Rozšíření vřetena při vysokých otáčkách[12]

Povrch upínačů je povrchově kalený, aby došlo k co nejmenšímu poškrábání a opotřebení. Tím je výrobcem garantovaná trvanlivost zaručena. Běžně se vyrábějí v šesti velikostech (30, 35, 40, 45, 50, 60) pro malé frézky až po velmi velké stroje. [15]

| VÝHODY | NEVÝHODY |
|---|--|
| snadná ruční výměna | nevhodný k vysokorychlostnímu obrábění |
| nízká pořizovací cena | malá tuhost |
| vhodné pro automatickou výměnu nástrojů | možnost poranění obsluhy a zničení nástroje při ruční výměně |
| může obsahovat chladicí kanálky | nesamosvornost |

Tab. 2. Výhody a nevýhody ISO upínače

3.5.UPÍNAČ MAS BT

Upínače MAS 403.BT byly vyvinuty v Japonsku, z toho plyne jejich použití hlavně na asijském kontinentu. V Evropě i ve světě začínají být velmi populární díky rozšiřování CNC center od japonských výrobců (Mori–Seiky, Okuma, Mazak, atd.).

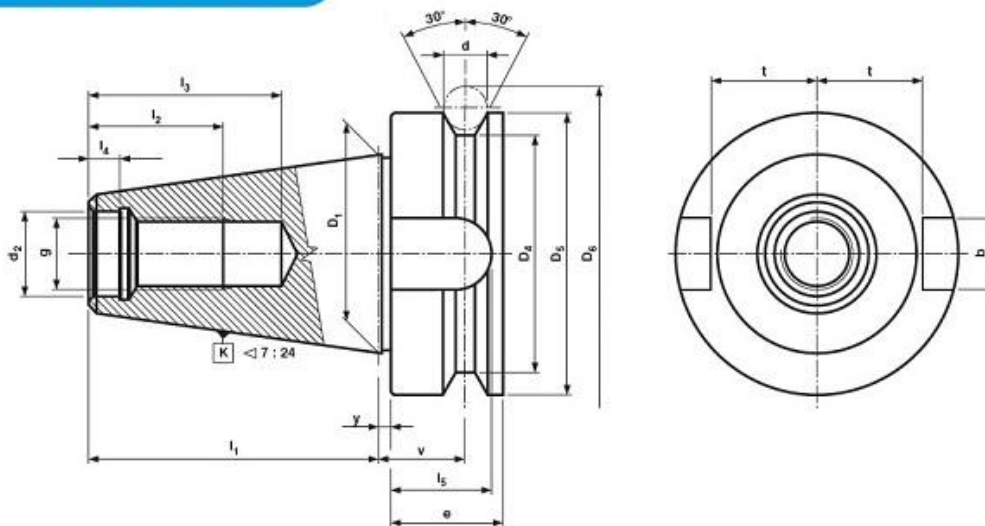
Stejně jako ISO upínače mají kuželovou stopku s kuželovitostí 7:24. Tvarově i rozměrově jsou si velice podobné, liší se však v několika rozměrových charakteristikách. Hlavní odlišností je délka kuželové stopky, BT upínače ji mají delší. Další odlišností je velikost příruby, ta je větší. V důsledku větší příruby nemusí být drážka pro unášivé kameny



vyfrézovaná skrz celou přírubu, ale jen do její části. Také drážka pro automatickou výměnu nástrojů je širší a hlubší (Obr. 13.).

Použití těchto upínačů je díky jejich podobnosti s ISO upínači téměř stejné. Dají se použít jak pro ruční, tak i pro strojní výměnu. Jsou vhodné pro klasické obrábění a maximální otáčky nepřevyšují $15\,000\text{ot}\cdot\text{min}^{-1}$ při stupni vyvážení G 6,3. [14]

JIS B 6339 /MAS BT/



| K | $t_{+0.0}^{-0.2}$ | D_4 | D_5 | e | $v_{\pm 0.1}$ | d | D_6 | $y_{\pm 0.4}$ | D_1 | $l_1_{\pm 0.2}$ | $d_2\text{H8}$ | g | $l_2\text{ min.}$ | $l_3\text{ min.}$ | $l_4_{+0.5}^{-0.8}$ | b H12 | $l_5\text{ min.}$ |
|----|-------------------|-------|-------|----|---------------|----|--------|---------------|-------|-----------------|----------------|------|-------------------|-------------------|---------------------|-------|-------------------|
| 40 | 22,6 | 53 | 63 | 25 | 16,6 | 9 | 72,69 | 2 | 44,45 | 65,4 | 17 | M 16 | 30 | 43 | 9 | 16,1 | 21 |
| 50 | 35,4 | 85 | 100 | 35 | 23,2 | 14 | 116,02 | 3 | 69,85 | 101,8 | 25 | M 24 | 45 | 62 | 13 | 25,7 | 31 |

Obr.13. Upínač MAS BT[13]

3.6.UPÍNAČ CAT

Upínače CAT mají stejně jako předešlé dva typy stopku s kuželovitostí 7:24. Ani tvarově a rozměrově se od nich neliší, mají jen některé vzhledové odlišnosti. Z toho vyplývá, že se používají u typově shodných strojů a pro stejný typ obrábění jako upínače ISO a MAS BT. Rozsah otáček, pro které jsou vhodné, je $4\,000 - 12\,000\text{ot}\cdot\text{min}^{-1}$ a jejich stupně jakosti vyvážení jsou G 6,3 a G 2,5. Jsou vhodné pro ruční i pro strojní výměnu upínače. Vyrábějí se hlavně ve třech velikostech (40, 50 a 60).

Původ upínačů CAT je v severní Americe, kde byly vyvinuty firmou Caterpillar pro jejich obráběcí stroje. Z toho plyne, že v Evropě se s nimi tolik nesetkáme. Rozměry upínače jsou uváděny podle americké normy ANSI v palcích, proto by se u nás musely přepočítávat na metrické hodnoty. [14]

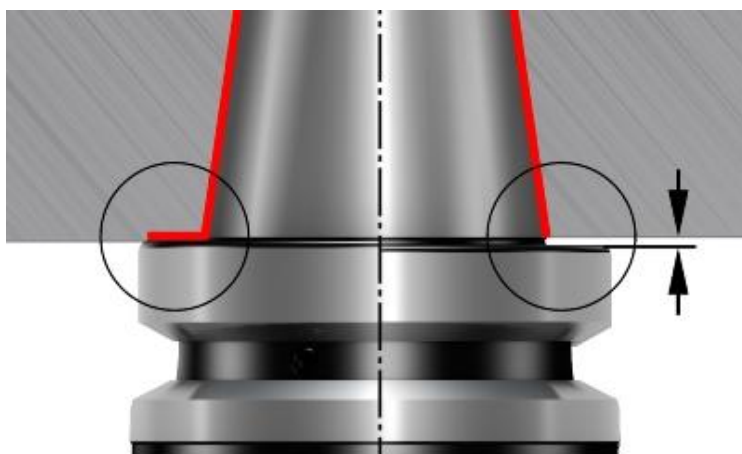


Obr.14. Upínač CAT50[16]

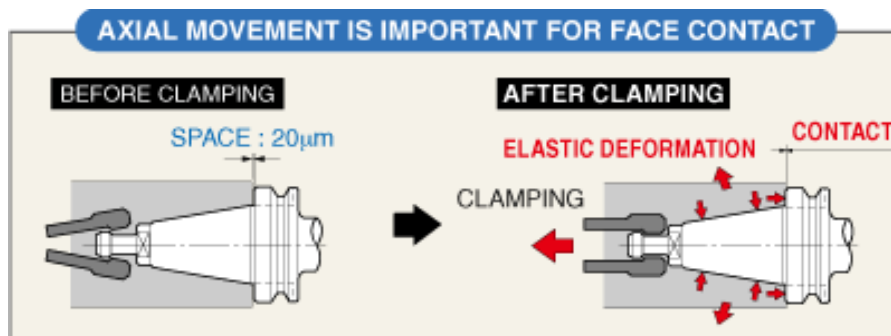


3.7. UPÍNACÍ SYSTÉM BIG – PLUS

Do tohoto upínacího systému zapadají upínače, které mají stopku s kuželovitostí 7:24. Jsou to všechny tři již zmíněné upínače (ISO, MAS BT a CAT). K vývoji systému BIG – PLUS vedly nevýhody předešlých typů upínačů při vysokých otáčkách. Tento systém je z hlediska funkčních ploch zcela odlišný než předešlé typy tím, že využívá dvojitého kontaktu mezi upínačem a vřetenem stroje a to na kuželové ploše stopky i na čelní ploše vřetena (Obr. 15.). Takového kontaktu lze dosáhnout jedině při přesné výrobě vřetena stroje i stopky upínače a jejich vzájemným slícováním. Díky vyvození dostatečně velké upínací síly dojde k pružné deformaci dutiny vřetene stroje, tím zanikne mezera mezi čelní plochou vřetena a přírubby upínače (Obr. 16.).[18][19]

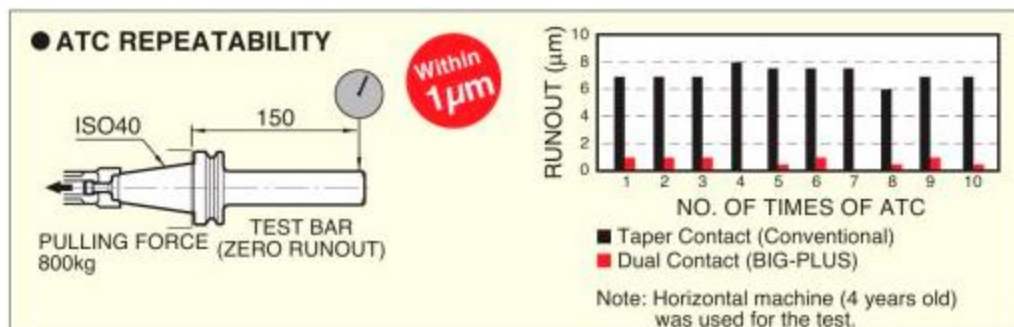


Obr.15. Dvojitý kontakt systému BIG - PLUS[17]



Obr.16. Upnutí a pružná deformace systému BIG - PLUS[18]

Mezi výhody upínacího systému BIG – PLUS patří hlavně větší tuhost upnutí (o 40 až 60% větší než při použití klasického ISO rozhraní). Zvýšená stabilita přispívá k minimalizaci vibrací mezi kuželovou stopkou a dutinou vřetena a je lepší axiální opakovatelnost upnutí. Další výhodou je možnost použití u vysokorychlostního obrábění (až 40 000 ot·min⁻¹). Samozřejmě maximální otáčky specifikuje výrobce, podle typu upínače a také podle typu nástroje, který je v něm upnutý. [17]



Obr.17. Srovnání opakovatelnosti upnutí[19]

Mezi nevýhody systému patří hlavně pořizovací cena. Ta je vysoká díky nutnosti přesného opracování a vyvážení upínače. Další nevýhodou je, že každý upínač je vyroben jen k určenému vřetenu stroje a nemůže se zaměňovat.

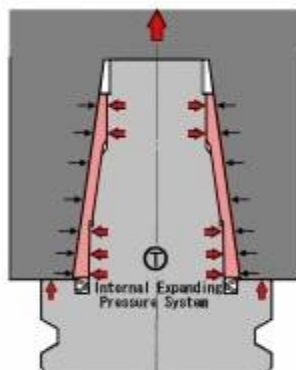
Upínací systém BIG – PLUS je určený pouze pro strojní výměnu v CNC obráběcích centrech.[18][19]

| VÝHODY | NEVÝHODY |
|-------------------------------------|--|
| velká tuhost | pouze pro strojní výměnu |
| minimalizace vibrací | pořizovací cena |
| lepší axiální opakovatelnost upnutí | každý upínač určen pouze pro konkrétní vřeteno |
| možnost vysokorychlostního obrábění | |

Tab. 3. Výhody a nevýhody systému BIG - PLUS

3.8.SYSTÉM NIKKEN 3 LOCK

Tento systém je podobný upnutí BIG – PLUS, ale má trojí dotek. Skládá se z hlavního tělesa, které je z jednoho kusu a má odstupňované průměry. Dále pak obsahuje kuželový plášť, který dosedá na hlavní těleso upínače. Tyto dvě součásti jsou spojeny předpjatými talířovými pružinami (Obr. 18.).



Vnitřní rozpínací mechanismus systému 3 Lock

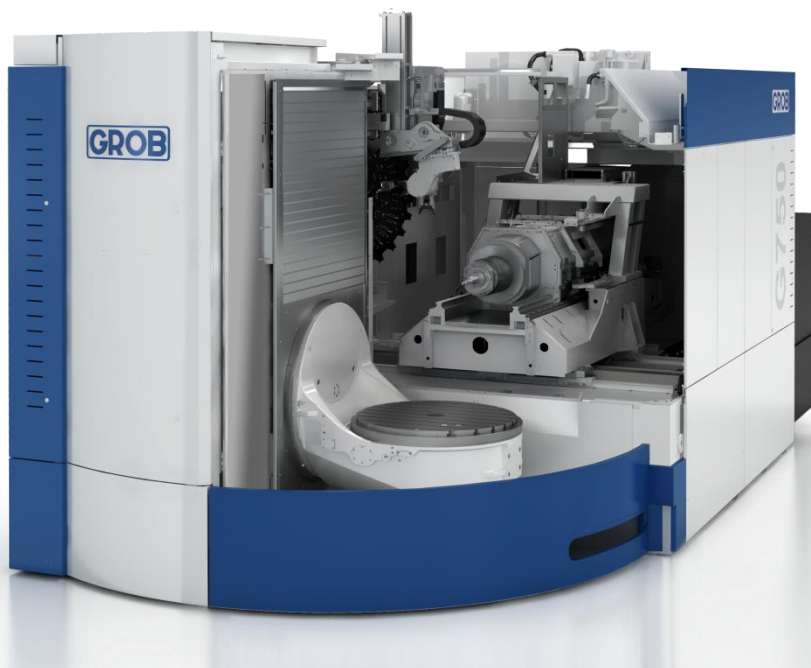
Obr.18. Systém Nikken 3 Lock[20]



Trojí dotek je na kuželu pláště, na čele příruby a uvnitř stopky. Pružiny dobře tlumí vibrace a to prodlužuje životnost nástroje a chrání vřeteno. Při vysokých otáčkách, když má upínač tendenci být vtažen do dutiny, pružiny mírně vyrovnávají rozdíl. Tento upínač má podobné vlastnosti jako BIG – PLUS systém a používá se pro stejný typ obrábění.[4][20]

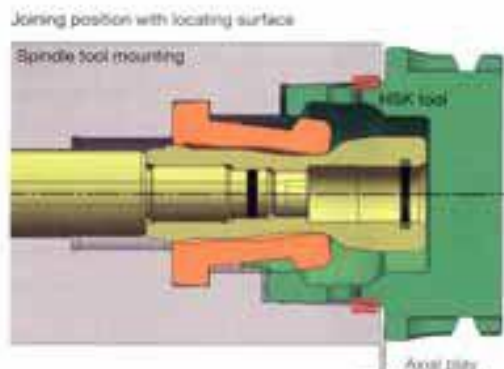
3.9.UPÍNAČE HSK

Upínač HSK byl vyvinut v Německu. Hohlschaftkegel v překladu z německého jazyka znamená dutý kuželový upínač, z toho vzešla zkratka HSK. Zatímco klasické upínače, jako je například ISO, se vyvíjely v průběhu let a postupem času se standardizovaly, HSK upínač byl vyvinut skupinou odborníků během pár let. Ti si dali za cíl vyrobit upínač pro potřeby současné výroby (hromadná výroba, přesnost upínače, opakovatelnost upnutí atd.) a hlavně minimalizovat nedostatky předchozích typů upínání. HSK je nejvíce rozšířen v Evropě, ale už i v Americe, kde převládají klasické typy upínačů, začíná mít hlavní slovo na trhu. Je to dáno hlavně tím, že většina evropských strojů, které se zde vyrábějí a vyvážejí do zahraničí, mají dutinu vřetena pro HSK.[4]

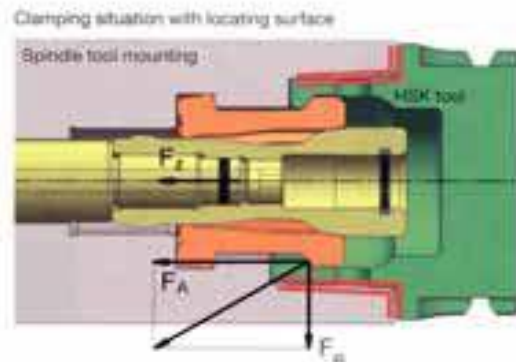


Obr.19. CNC obráběcí centrum G750 od firmy Grob s vřetenem HSK[21]

Tento typ upínače má kuželovou stopku s kuželovitostí 1:10, ta se nazývá takzvaně krátký kužel. Na rozdíl od předešlých typů má HSK upínací mechanismus zevnitř kuželové stopky. Ten je tvořen dvěma do sebe zapadajícími kleštinami. Upnutí probíhá vtažením jedné kleštiny do druhé, ta se rozpíná v dutině stopky a upíná tím upínač (Obr. 20. a 21.). Při upnutí též dochází k elastické deformaci upínače a také ke dvojitému kontaktu mezi vřetenem a upínačem a to na kuželové stopce i na čele příruby (Obr. 21.). Jelikož je upínání provedeno zevnitř upínače a upínací síla působí na jeho vnitřní plochy, tak při zvyšování otáček dochází k ještě lepšímu upnutí vlivem odstředivé síly.[22]



Obr.20. HSK mechanismus před upnutím[22]



Obr.21. HSK mechanismus po upnutí[22]

HSK upínač je až o třetinu menší a o polovinu lehčí než konvenční upínače. Tím je zabezpečena snadná a hlavně rychlá výměna upínače. Další výhodou je axiální přesnost a tuhost spojení dokonce i při vrtání a ponorném frézování. Hodnoty obvodového házení jsou podobné jako u klasických upínačů (do 0,003 mm). Při kolizi nástroje s materiálem se upínač vypojí z kleštiny. To je nezanedbatelná výhoda oproti konvenčním upínačům, které mají stopku z pevné oceli a přenášejí náraz do celého stroje. HSK tímto způsobem chrání vřeteno a upínací mechanismus ve stroji, přičemž zabraňuje i velmi nákladným opravám. Nespornou výhodou je přesné axiální upnutí a z toho vyplývá dobrá opakovatelnost upnutí. Toho se využívá hlavně v hromadné výrobě a při obrábění, kde dochází k časté výměně nástrojů. [23]

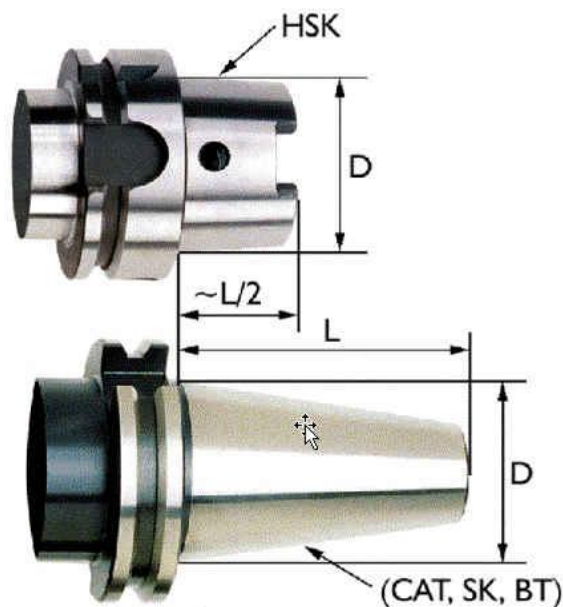


Fig. 2. Compare of HSK and CAT (SK) Shanks

Obr.22. Srovnání velikosti HSK a konvenčního upínače[23]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Samozřejmě spousta výhod přináší i řadu nevýhod. Tou je například cena, která je vyšší díky náročnější výrobě upínače. Také přesnosti a tolerance rozměrů musí být na vysoké úrovni. Z toho vyplývá i potřeba čistoty upínacích ploch. HSK upínače se opotřebí rychleji než klasické typy. V takovém případě jsou nároky na údržbu velké. Přebrušování vyžaduje velmi přesnou měřicí techniku a kvalitní stroje. To jsou další náklady, které se projevují na výsledné ceně.

HSK upínače se používají pro vysokorychlostní obrábění (až $40\,000\text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$). To předkládá vysoké nároky na přesnost vyvážení. Dokonce i kanálky a dutiny pro řeznou kapalinu musí být symetrické a nesmí být zaneseny nečistotami.

Výrobou HSK upínačů se zabývá mnoho firem. Vyrábějí se v šesti typech a mnoha velikostech, což umožňuje výběr upínače pro jakýkoliv specifický typ obrábění. V následujících odstavcích jsou tyto typy popsány (Obr. 23.).[22][23]

HSK A je určen pro střední až vysoké otáčky a pro malý krouticí moment. Unášecí drážky jsou na konci stopky upínače a přívod řezné kapaliny je zabezpečen středem upínače. Používá se v obráběcích centrech s automatickou výměnou nástrojů.

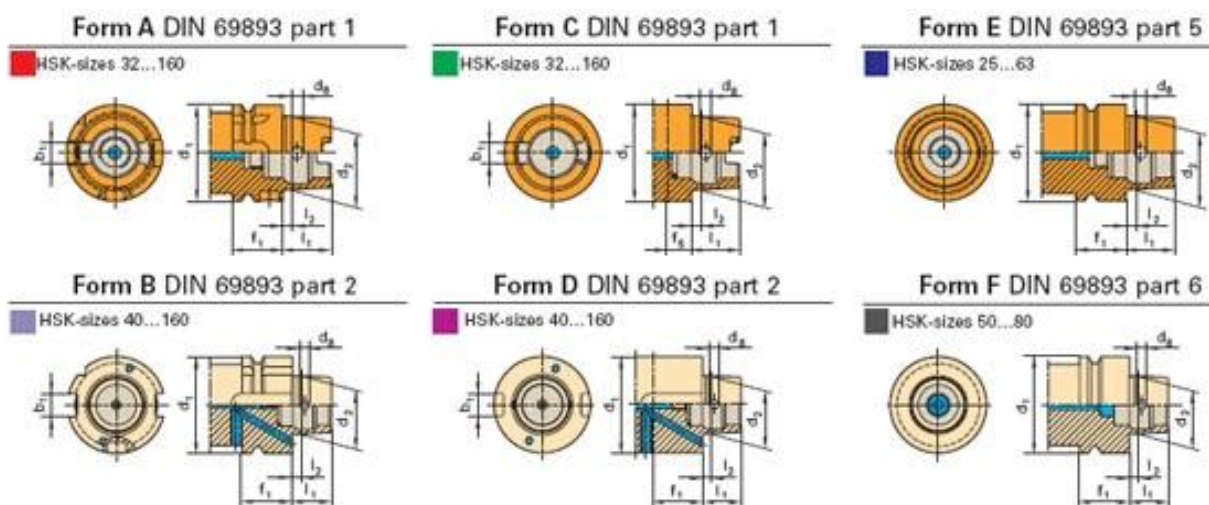
HSK B je určen pro střední až vysoké otáčky a pro velký krouticí moment. Unášecí drážky jsou na přírubě a přívod řezné kapaliny je zabezpečen kanálky v přírubě upínače. Používá pro automatickou výměnu nástrojů.

HSK C se používá při středních až vysokých otáčkách a pro malý krouticí moment. Unášecí drážky jsou na konci stopky upínače a přívod řezné kapaliny je přes střed upínače. Je určen pro ruční výměnu nástroje.

HSK D se používá při středních až vysokých otáčkách a pro velký krouticí moment. Unášecí drážky se nacházejí na přírubě upínače a přívod řezné kapaliny je realizován přes střed upínače nebo přes kanálky v přírubě. Je určen pro ruční výměnu nástroje.

HSK E se používá při vysokorychlostním obrábění a pro malý krouticí moment. Tento upínač nemá unášecí drážky, je to z důvodu zlepšení symetrie a tudíž pro zlepšení vyvážení upínače. Přívod řezné kapaliny je přes střed upínače. Je určen pro automatickou výměnu nástroje.

HSK F se používá při vysokorychlostním obrábění a pro malý krouticí moment. Stejně jako typ E nemá unášecí drážky. Přívod řezné kapaliny je přes střed upínače. Je určen pro automatickou výměnu nástroje. [24]



Obr.23. Typy upínačů HSK[24]



| VÝHODY | NEVÝHODY |
|-------------------------------------|-------------------------|
| velká tuhost | vysoké nároky na údržbu |
| bezpečnost při kolizi | pořizovací cena |
| lepší axiální opakovatelnost upnutí | čistota upínacích ploch |
| možnost vysokorychlostního obrábění | velké opotřebení |
| malá hmotnost | |
| rychlá výměna nástroje | |

Tab. 4. Výhody a nevýhody HSK upínačů

3.10. UPÍNAČE CAPTO

Nástrojový upínač Capto je novějším typem upínače. Byl vyvinut v roce 1990 firmou Sandvik Coromant s cílem zabezpečit co možná nejlepší modulárnost, univerzálnost a opakovatelnost upínání. Upínač Capto je metodou přesného upínání nástrojů, který se pokouší vyřešit nevýhody klasických upínačů.[4][28]

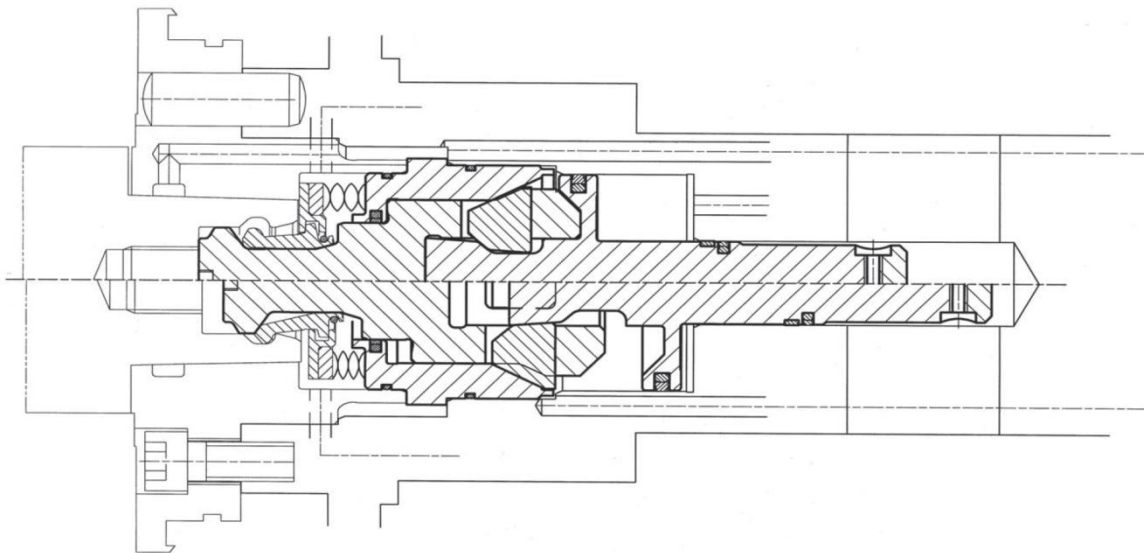


Obr.24. Modulárnost systému Capto[25]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Základní princip upínání je podobný jako u HSK upínače. K upnutí dochází uvnitř dutiny stopky pomocí kleštinového mechanismu (Obr. 25.). Kuželovitá stopka upínače má však polygonální tvar (Obr. 26.). Kuželovitost tohoto trojbokého polygonu je 1:20. Dutina ve vřeteně stroje musí mít tvar přesného negativu plochy stopky upínače. Stejně jako u HSK využívá systém Capto dvojitého kontaktu a to na ploše stopky a na čele příruby upínače, díky tvarovému upnutí stopky však předchází prokluzu.



Obr.25. Mechanismus upínání systému Capto[26]

Přenos kroutícího momentu je zabezpečen tvarovým stykem upínacích ploch. Díky tomu je určen i pro obrábění s přenosem velkého kroutícího momentu. Upínač zaručuje vysokou stabilitu a přesné radiální natočení. Díky dvojitému styku dosahuje vynikající opakovatelnosti upnutí.



Obr.26. Polygonální stopka systému Capto[4]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Kombinace vlastností systému Capto má spoustu výhod. Mezi ně také zcela jistě patří vysoká ohybová tuhost a také dobré vyvážení. Stejně jako u HSK upínače je výměna systému Capto velice rychlá a určená hlavně pro stroje s automatickou výměnou nástrojů. Samozřejmě, pokud je u manuální výměny nástroje použit ve stroji s jinou dutinou ve vřeteně, základní upínač se nechá upnut ve stroji a mění se jen upínač Capto s upnutým nástrojem. Díky svým vlastnostem téměř neovlivňuje celkovou tuhost a přesnost systému. Upínač má vnitřní přívod řezné kapaliny.[4][14]

Nevýhodou systému je potom vysoká cena, kterou způsobuje polygonní tvar stopky. Ten klade vysoké nároky na výrobu upínače i celková složitost výroby je velká. Nejlepším rozhodnutím je pořídit tento upínač do výroby, kde je více strojů s tímto systémem upínání.



Obr.27. multifunkční obráběcí centrum M35G s upínačem Capto[27]

Upínač se vyrábí jen v několika velikostech, ale díky své variabilitě jej lze použít u jakýchkoliv vřeten strojů. Tento systém je primárně určený pro vysokorychlostní obrábění (do 40 000 ot·min⁻¹), to odpovídá maximálním otáčkám u BIG – PLUS systému. Ten má však daleko menší tuhost a hlavně nemá takové možnosti variability. Oblast využití je jak u soustružnických strojů, tak i u multifunkčních obráběcích center. Tento typ upínače vyrábí spousta firem a, i když se jedná o novější způsob upínání, je hojně rozšířen po celém světě. [4]



| VÝHODY | NEVÝHODY |
|--|-------------------------------------|
| velká tuhost variabilita systému přenos velkých kroutících momentů lepší axiální opakovatelnost upnutí možnost vysokorychlostního obrábění | složitost výroby pořizovací cena |

Tab. 5. Výhody a nevýhody systému Capto

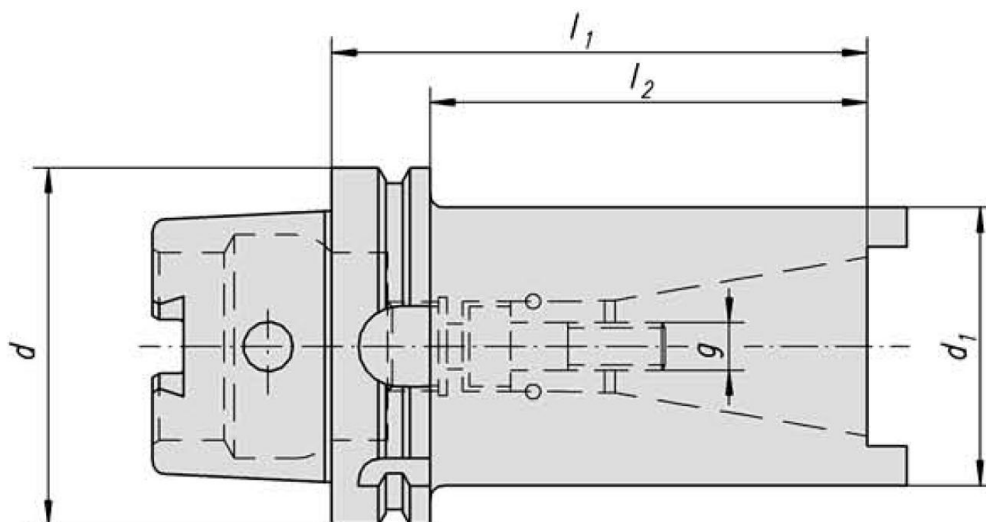
3.11. REDUKCE UPÍNAČŮ

Potřeba variability upínání vedla k výrobě redukcí upínačů. Všechny výše uvedené typy mají své redukce. Existují dva typy redukce.

První jsou na jiný typ stopky upínače, než je dutina ve vřeteně stroje. To znamená, že upínač, který má stopku např. HSK má v sobě dutinu pro stopku ISO. Příklady jsou HSK/ISO, ISO/MORSE, Capto/ISO atd.

Druhá je na stejnou stopku, ale na jiné velikosti. Tím je myšleno to, že upínač se stopkou ISO 50 má v sobě dutinu pro ISO 30.

Redukce lze použít za předpokladu, že se dají vyrobit. Třeba upínač s Morse kuželem nelze použít pro redukci na HSK nebo ISO. Tyto prvky se zavádějí zejména, když je ve výrobním procesu stroj s jinou dutinou ve vřeteně než stopka upínače. Redukce neblaze ovlivňují tuhost celého nástrojového rozhraní. Také zhoršují vyvážení celého prvku a v neposlední řadě také přesnost obrábění.[14]



Obr.28. Upínač HSK s redukcí na ISO[29]



4. UPÍNAČE PRO MALÉ FRÉZOVACÍ NÁSTROJE S VÁLCOVOU STOPKOU

V následující části se budu věnovat způsobu upnutí malých frézovacích nástrojů s válcovou stopkou. Jak je znázorněno na obr. 3, upínač má část pro upnutí nástroje. Existuje mnoho druhů upnutí nástroje s válcovou stopkou, které se od sebe liší v mnoha ohledech. Tyto druhy můžeme rozdělit podle způsobu upnutí na tři druhy:

- ❖ mechanické upínání,
- ❖ hydraulické upínání,
- ❖ tepelné upínání.

Požadavky na upínání nástrojů jsou hlavně tuhost upnutí a jeho přesnost. Při nedodržení těchto požadavků se zkracuje životnost nástroje. Dále pak dochází ke zhoršení opracování obrobků a tím ke snížení přesnosti výroby. Častým problémem při malé upínací síle je vytahování nástroje z upínače vlivem velkých řezných sil.

4.1. KLEŠTINOVÉ UPÍNAČE

Kleštinové upínače náleží do skupiny mechanických upínačů. Je to nejrozšířenější způsob upnutí nástroje pro frézy s válcovou stopkou a také nejdéle používaný. Úlohou kleštiny je dokonale obepnout válcovou stopku nástroje. Kleština je v upínací pouze vsunuta. Upínací síla je vyvozena utahováním matice, která přes kuželové plochy kleštiny způsobí elastickou deformaci a tím nástroj upne a vystředí.



Obr.29. Kleštinový upínač s kleštinami pro různé průměry nástroje[30]

Nevýhodou je, že kleština musí být přesně vyrobena, jinak nedokáže zajistit přesné upnutí nástroje. Také její rozsah upínacích průměrů nástrojů je omezený, proto potřebujeme celou sadu klestín pro upínání jednotlivých velikostí nástrojů.[31]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Působnost kleštin je velká. Jejich uplatnění je od velmi malých nástrojů až po nástroje větších rozměrů. Také se používají pro přesné obrábění i pro úběry velkých třísek (hrubování). Nejsou však vhodné k vysokorychlostnímu obrábění. Používají se hlavně u klasických frézek, na CNC strojích nejsou tak běžné.

Přesnosti, které dosahují kleštiny, jsou různé. Záleží na typu kleštiny. Většinou dosahují přesnosti obvodového házení okolo 0,01 mm, ale existují i typy kleštin, které mají tuto hodnotu až 0,003 mm.

4.2. UPÍNAČE WELDON A WHISTLE NOTCH

Upínače Weldon a Whistle Notch jsou jednodušší, ale i méně přesné způsoby upínání. Stopka nástroje musí mít vyfrézovanou plošku nebo i více plošek pro upnutí do upínače (Obr. 30.). Nástroj se po vsunutí do dutiny upínače upevní čepem se závitem, který dosedá na vyfrézovanou drážku na stopce nástroje. Hloubka vsunutí nástroje se může ustavovat pomocí šroubu, který je použit v upínači a opírá se o čelo stopky nástroje.



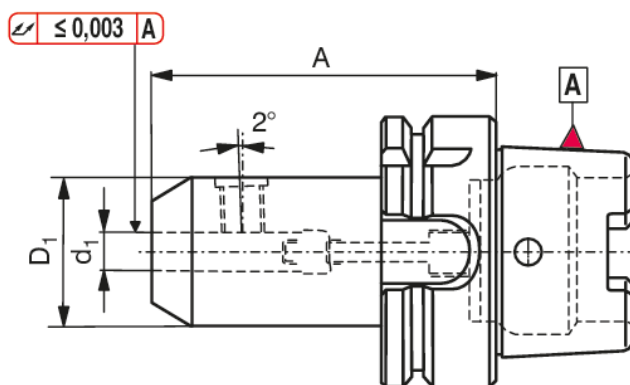
Obr.30. Nástroj s vyfrézovanou drážkou[32]

Výhodou těchto upínačů je jednoduchá výměna nástroje a údržba. Dále pak bezpečnost upnutí i při velkých kroutících momentech. Nezanedbatelnou výhodou je cena upínače, která je nízká díky jednoduchosti upínače.

Mezi hlavní nevýhody patří skutečnost, že upínač musí mít průměr dutiny stejný jako je průměr stopky nástroje. Z tohoto důvodu je každý upínač určen jen pro nástroje se stejným průměrem na rozdíl od kleštin, které jsou pro více průměrů. Upínače Weldon a Whistle Notch mají nižší přesnost upnutí, obvodové házení se pohybuje okolo 0,01 mm až 0,02 mm. Asymetrie upínače a nástroje působí nevyváženost celku, proto se po upnutí nástroje musí dovažovat. Používají se pro klasické obrábění.[31]



Obr.31. Upínač Weldon[33]



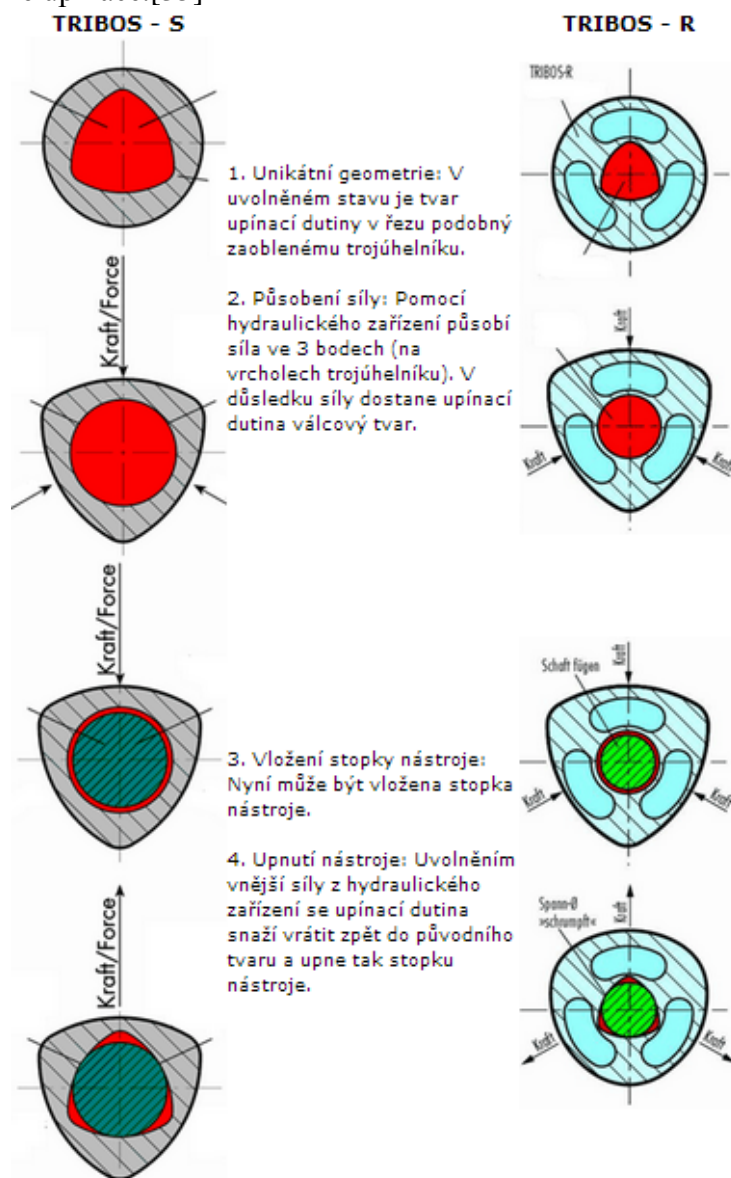
Obr.32. Upínač Whistle Notch[34]



Rozdíl mezi těmito upínači je jediný. Upínač Weldon má osu upínacího čepu kolmou na osu nástroje, zatímco Whistle Noch jí má skloněnou o 2°, tím čep přitlačuje nástroj na axiální doraz v upínači (Obr. 32.).

4.3. POLYGONÁLNÍ UPÍNAČE

Polygonální upínače používají speciální typ upnutí, který je přitom překvapivě jednoduchý. Dutina pro stopku nástroje má polygonální tvar (zaoblený trojúhelník). Pro upnutí nástroje je zapotřebí hydraulického zařízení. Jak je znázorněno na obrázku 33, princip upínání není vůbec složitý. Hydraulické zařízení působí silou jen ve třech bodech upínače (na každém vrcholu trojúhelníku). Tím dojde k elastické deformaci upínače a z polygonálního tvaru dutiny se stane válcový tvar. Poté se do dutiny vloží stopka nástroje. Když zařízení přestane působit silou, upínač má snahu vrátit se do původního polygonálního tvaru a tím upne nástroj v dutině upínače.[35]



Obr.33. Princip upínání Tribos[35]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Jelikož se jedná o elastickou deformaci, nedochází v materiálu k molekulárním změnám a to nám umožňuje opakovat upínací proceduru bez omezení cyklů. Výhod tohoto typu upnutí je mnoho a jsou shrnuty v následujících bodech:

- absence dalších součástí v upínači (malý vnější rozměr),
- velká tuhost a přesnost upnutí,
- vyšší přesnost při opakování upnutí,
- malé obvodové házení (do 0,003 mm),
- vysoká životnost upínače a také nástroje,
- vhodné pro vysokorychlostní obrábění (testováno až do 205 000 ot·min⁻¹),
- výborné vyvážení (G 2,5 při 25 000 ot·min⁻¹),
- rychlá výměna nástroje,
- minimální mechanické opotřebení.



Obr.34. Hydraulické zařízení SVP-2 D[36]

Nevýhodou je nutnost hydraulického zařízení (Obr. 34.). Tímto typem upínání se zabývá firma Schunk, která produkuje upínače Tribos. Tento upínač je vyráběn v pěti typech, které jsou popsány níže. [31][35]

Tribos R má dobré dynamické vlastnosti a velkou tuhost. Dokáže přenášet největší krouticí moment (až 350 Nm). Díky plastovým vložkám dobře tlumí vibrace, avšak má větší rozměr. Tento upínač se používá při velkém úběru materiálu (hrubování). Upínací rozsah průměrů stopek nástrojů je 6 až 32 mm.

Tribos S je upínač s nejmenším vnějším rozměrem vůči průměru stopky nástroje díky absenci plastových vložek. Upínací rozsah je stejný jako u typu R (6 až 32 mm), ale maximální krouticí moment, který je schopný přenést, je 280 Nm.

Tribos SVL je prodlouženou verzí typu S, proto dokáže obrábět ve větších hloubkách a méně přístupných prostorech. Z toho vyplývá použití standardního nástroje namísto zakázkově vyrobenému. Tím snižuje cenu výrobního procesu. Upínací rozsah je od 6 do 20 mm a maximální krouticí moment je 150 Nm.



Tribos RM je kombinací typu R a S. používá se tam, kde je zapotřebí tlumit vibrace, ale není potřeba přenášet tak velký krouticí moment (do 50 Nm). Rozsah průměrů stopek pro upnutí je 3 až 16 mm.

Tribos Mini je podobný typu RM, ale je o mnoho menší. Upínají se do něj velmi malé nástroje (průměr stopek od 0,3 do 5 mm). Maximální krouticí moment, který dokáže přenést, je 3,5 Nm.[37]



Obr.35. Pět typů upínače Tribos[37]

4.4. HYDRAULICKÉ UPÍNAČE

Hydraulické upínače nacházejí uplatnění v mnoha typech obrábění. Kapalina je zde využita k přenosu upínací síly nebo pro pohyb upínacích součástí. Díky vlastnostem kapalin mají upínače velmi dobré vlastnosti. V kapalině se tlak šíří všemi směry stejně a z toho plyne, že upínací síla je rovnoměrně rozložena na celé ploše upínacího prvku potažmo stopky nástroje. Kapalina také velice dobře tlumí vibrace, které způsobují menší životnost nástroje a horší kvalitu povrchu. Také chrání vřeteno stroje proti poškození. Díky velké síle upnutí mají velkou tuhost a také přesnost upnutí je vysoká. Jejich hodnota obvodového házení nepřekračuje 0,005 mm. Další výhodou je možnost upnutí nástrojů, které mají stopku s vyfrézovanou drážkou pro Weldon a Whistle Notch upínače.



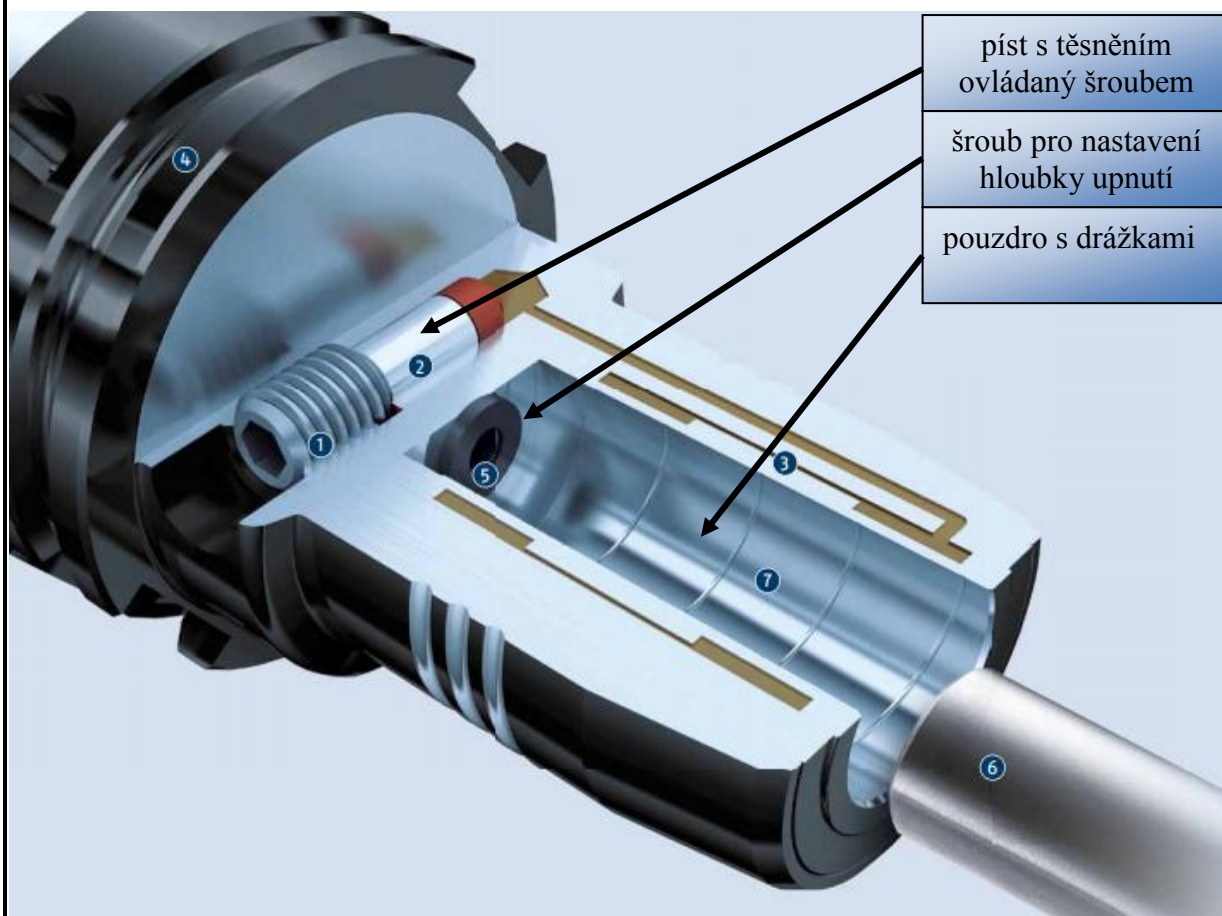
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Nevýhodou jsou požadavky na těsnost upínače. Také jejich konstrukce je složitější. Ta je zapříčiněna dutinami a kanálky pro hydraulickou kapalinu. To vše se negativně projevuje na ceně upínače.

Jejich oblast použití je velká. Díky vlastnostem, které jsou popsány výše, jsou určeny pro hrubovací operace s velkým úběrem třísky i pro dokončovací frézování. Používají se pro klasické i vysokorychlostní obrábění.

Firem, které se zabývají výrobou tohoto typu upínání, je mnoho. Každá firma má svůj vlastní systém hydraulických upínačů, které se liší svou konstrukcí i vlastnostmi. V následujících odstavcích jsou popsány dva rozdílné upínače.[15][31]

Upínač Tendo (Obr. 36.) vyvinula firma Schunk. K vyvození tlaku je využit píst, který je ovládán šroubem. Tekutina přenáší tlak na vnitřní pružné pouzdro, které se elasticky deformuje a upíná stopku nástroje v upínači. Díky malé ploše pístu se hydraulickým převodem přenáší velká upínací síla na pouzdro. V pouzdře je spirálová drážka, která odvádí nečistoty a řezný olej vytlačováním ze stykových ploch. Celý systém musí být dobře utěsněn, aby nedošlo k úniku oleje. Tím by poklesl tlak a zmenšila by se upínací síla. Při uvolňování nástroje je proces opačný. Šroub je ovládán ručně, to má za následek snadnou výměnu nástroje. Díky asymetrii se hůře vyvažují a jsou použitelné nejvýše do $25\,000\text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$. Hodnota obvodového házení je do $0,003\text{ mm}$. [38]



Obr.36. Řez upínačem Tendo[38]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Upínač CoroGrip (Obr. 37.) využívá odlišného způsobu upnutí pomocí kapaliny. Byl vyvinut firmou Sandvik Coromant. Kapalina slouží jen k posunutí upínacích čelistí při výměně nástroje. Externím zařízením se upínač natlakuje tekutinou a tím způsobí upnutí (uvolnění) čelistí. Po výměně nástroje se kapalina odčerpá a čelisti působí na stopku nástroje upínací sílu. Díky samosvornosti čelistí nemusí být mechanismus pod stálým tlakem.

Výhodou tohoto systému oproti předešlému typu je symetrie upínače. Ten je lépe vyvážen a může se použít až do $40\,000\text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$. Upínací síla je o mnoho větší díky použití externího zařízení pro vyvození tlaku (Obr. 38.). Nevýhodou je právě ono zařízení a složitost vnitřní konstrukce upínače. To vše zvedá celkovou pořizovací cenu.[15]

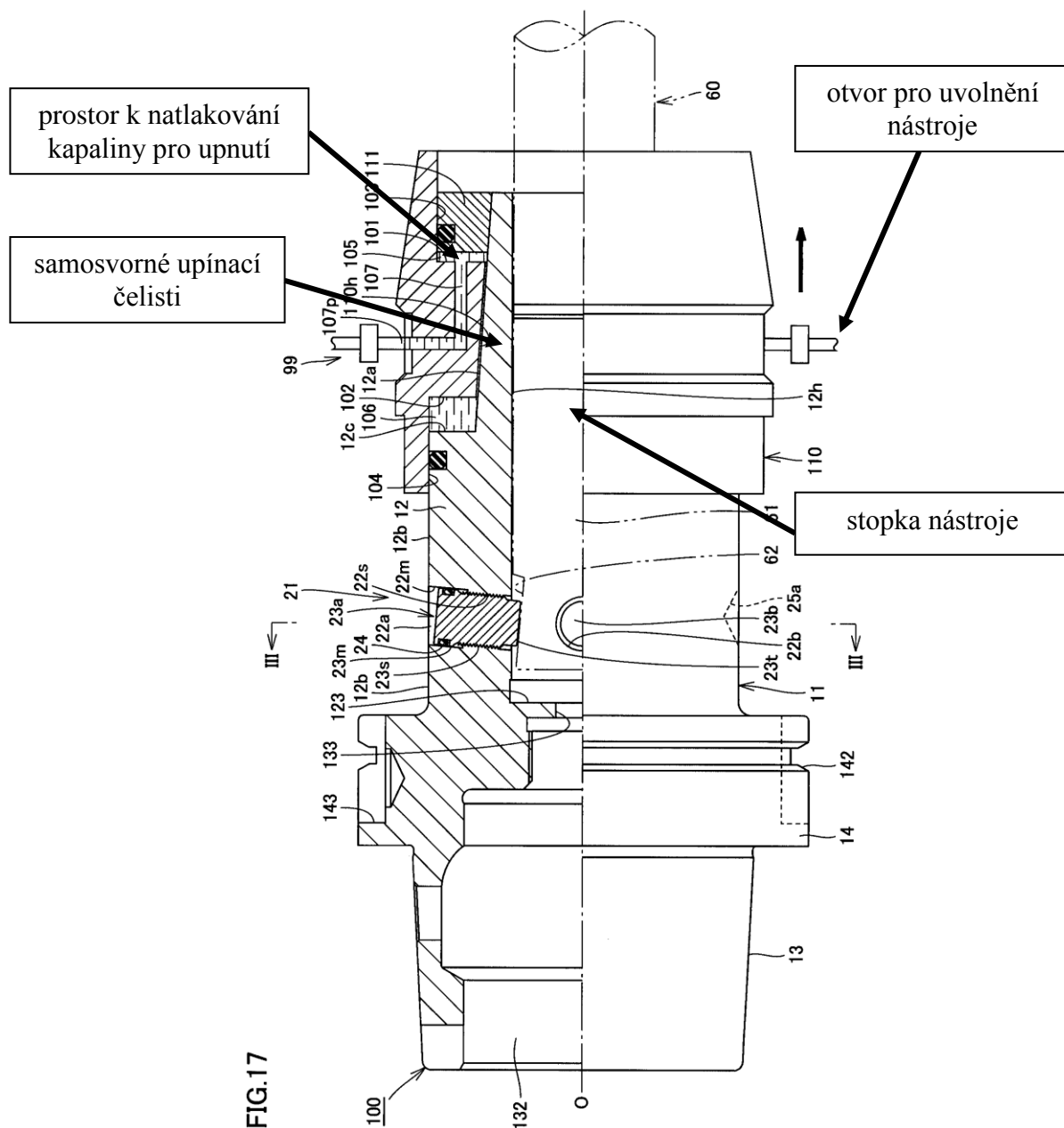


FIG.17

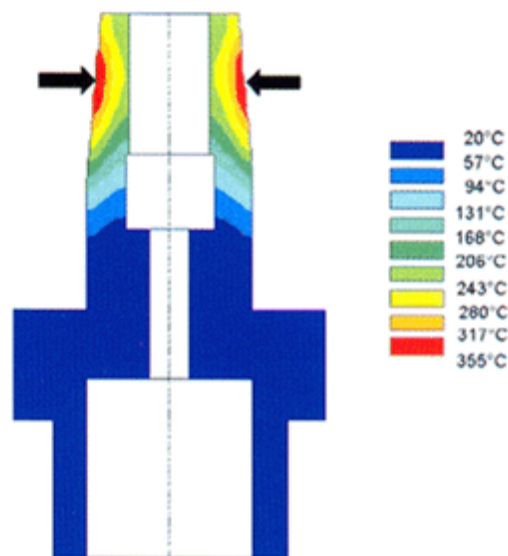
Obr.37. Vnitřní mechanismus CoroGrip pro upnutí nástroje[39]



Obr.38. Ruční zařízení pro vyvození tlaku[40]

4.5. TEPELNÉ UPÍNAČE

Princip tepelných upínačů je velice jednoduchý. Fungují na základě tepelné roztažnosti materiálu. Dutina v upínači má válcový tvar a její průměr je o něco menší než průměr stopky nástroje. Pomocí indukční cívky se upínač v oblasti upnutí nástroje zahřeje na teplotu 250 až 350°C. při tom dojde ke zvětšení objemu upínače a tím i ke zvětšení průměru dutiny pro nástroj. Stopka nástroje se lehce vsune do upínače a ten se nechá zchladnout. K tomu se může využít chladicího systému (kratší doba chladnutí, vyšší cena zařízení) nebo se upínač nechá



Obr.39. Průběh teplot při ohřívání upínače[41]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

vychladnout přirozeně na vzduchu. Jak se upínač ochladí, zmenší se jeho objem a tím i průměr dutiny, která obepne stopku nástroje. V nejlepším případě by měl být nástroj obepnut na celé ploše válcové stopky v upínači, proto musí být dutina přesně vyrobena. Tím na stopku působí rovnoměrný upínací tlak a nástroj je velice pevně upnut. Upínací síly jsou zde větší než u mechanických nebo hydraulických upínačů.[31][42]



Obr.40. Tepelný upínač Haimer se stopkou Capto[42]



Obr.41. Indukční přístroj pro tepelné upínání POWER CLAMP BASIC[43]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Při výměně nástroje se postupuje stejným způsobem. Upínač se opět zahřeje, ale s ním se zahřeje i stopka nástroje, která má tendenci se také roztahovat. Proto je zapotřebí, aby upínač měl větší součinitel roztažnosti materiálu než stopka nástroje.

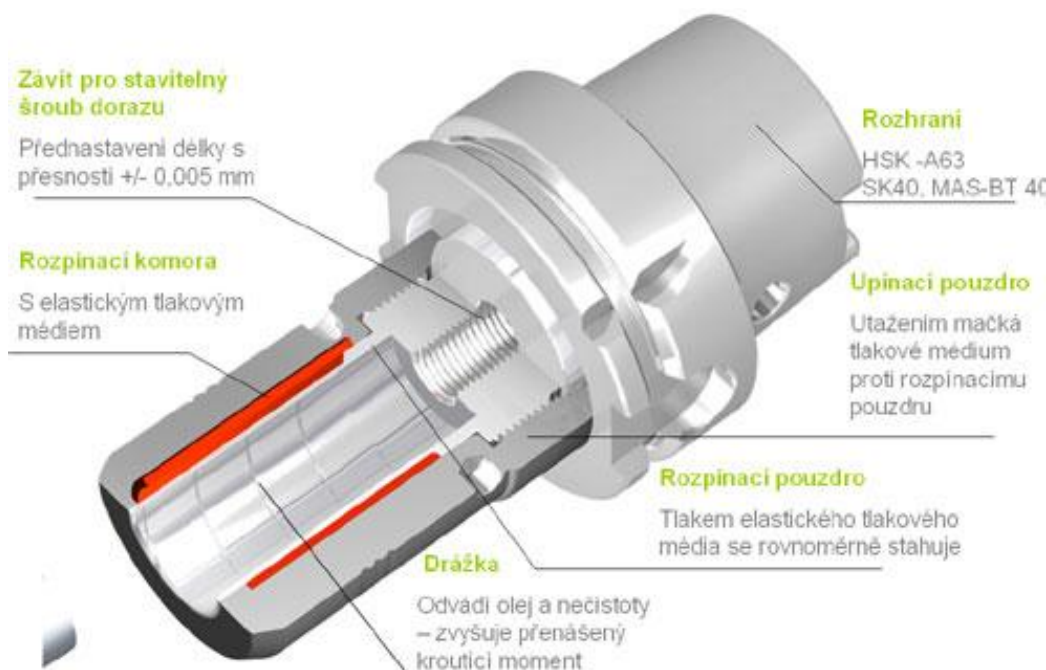
Upínač a nástroj tvoří téměř homogenní celek a z toho vyplývá spousta výhod. Mezi ně patří vysoká tuhost spojení a tím i možnost přenosu vysokých kroutících momentů u některých upínačů až do 750 Nm (při hrubování), také přesnost obvodového házení je maximálně 0,003 mm. Upínač se vyvažuje již při výrobě a po upnutí nástroje se hodnota vyvážení nemění. Proto je vhodný i pro vysokorychlostní obrábění. Další výhodou je přesnost a bezpečnost upnutí. U nástroje nedochází k žádné deformaci. Díky jednoduché konstrukci je i cena upínače nízká. Do válcové dutiny upínače lze také upnout frézy, které mají na válcové stopce vyfrézovanou drážku pro upínače Weldon a Whistle Notch.

Nevýhodou je pořizovací cena ohřívacího i chladicího zařízení, která je vysoká. Dále musíme mít celou řadu upínačů pro různě velké nástroje. Dutina upínače je vhodná pouze pro jeden průměr stopky nástroje.[41][42]

4.6. UPÍNAČE SINO

Tento typ upínače pracuje na podobném principu jako hydraulický upínač, ale zde je tlakovým médiem elastomer místo kapaliny.

Vnější pouzdro se dotahuje klíčem, tím se stlačuje elastomer a přenáší tlak na pružné vnitřní pouzdro upínače. To se elasticky deformuje a tím upíná stopku nástroje v upínači.



Obr.42 Univerzální upínač Sino[44]



Hlavní výhody tohoto typu upínání jsou:

- velmi dobré tlumení vibrací,
- možnost přenosu velkého krouticího momentu (až 850 Nm),
- obvodové házení do hodnoty 0,005 mm,
- dobré vyvážení díky symetrii upínače,
- vhodné pro vysokorychlostního obrábění,
- rychlá a jednoduchá výměna nástroje (není potřeba externího zařízení),
- velká tuhost upnutí,
- použití při hrubování i při dokončovacím obrábění.

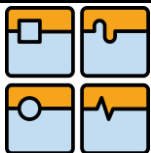
Pro upínání různých průměrů stopek nástrojů je možné použít redukční pouzdra. Tento typ upínačů byl původně vyvinut jako náhrada za upínání do kleštín a za upínače Weldon a Whistle Notch. Do dutiny upínač lze upnout všechny stopky nástrojů.[15][44]

4.7. UPÍNAČÍ SYSTÉM SAFELOCK

Tento systém byl vyvinut firmou Haimer hlavně do výroby v leteckém průmyslu. V tomto strojírenském odvětví se obrábí hlavně těžko obrobitelné materiály, jako jsou slitiny titanu, slitiny hliníku a kompozitní materiály. Současně se obrábí spousta celistvých dílů z jednoho kusu materiálu. Tyto dílce mají spoustu děr a dutin hlavně z důvodů odlehčení konstrukce letadel. Pro zvýšení efektivity obrábění se tyto dílce hrubují s velkým úběrem materiálu. Tím vznikají velké řezné síly, které můžou vytáhnout nástroj z upínače. Současně je zapotřebí, aby obrobené plochy měly vysokou kvalitu opracování a přesné rozměry.

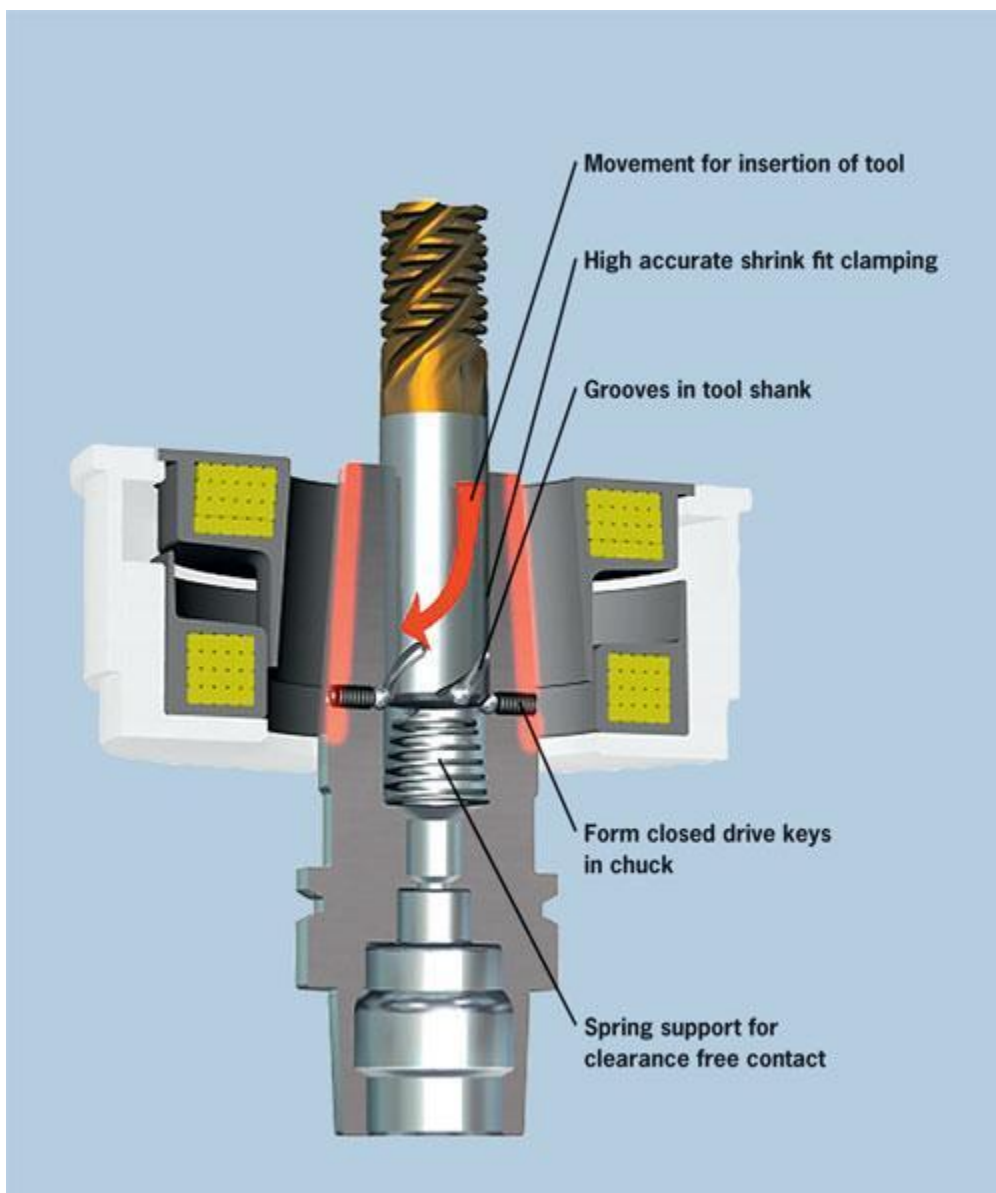


Obr.43. Příklad upínače a nástroje se systémem Safelock[45]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Těchto parametrů bylo docíleno právě systémem Safelock, který kombinuje tepelné upínání a jeho přednosti se systémem zabezpečujícím frézu proti vytáhnutí z upínače. Ten je tvořen šroubovitými drážkami na stopce nástroje a odpruženými kuličkami v upínači, které do drážek zapadají. Drážky musí mít souhlasný směr jako šroubovice řezných hran na nástroji. Když dojde k překročení upínací síly, kuličky v upínači nedovolí, aby došlo k vytržení nástroje.[45][46]



Obr.44. Princip mechanismu Safelock[46]



5. ZÁVĚR

Tato práce byla vypracována s cílem seznámit čtenáře s nástrojovými upínači a s jejich vlastnostmi. Jelikož existuje mnoho druhů upínání, jsou zde vybrány hlavní typy upínačů, které jsou v dnešní době používány. Práce je rozdělena do tří skupin.

V první části je stručně popsán upínač, jeho části, funkce a požadavky na něj. Cílem bylo seznámit čtenáře se základním názvoslovím, aby se v pozdějším textu lépe orientoval.

V druhé části jsou popsány hlavní typy upínačů podle charakteristiky upínání ve vřeteně. Tyto typy jsou seřazeny z hlediska tuhosti a přesnosti od méně kvalitních po ty kvalitnější. U každé skupiny upínačů, které mají podobné vlastnosti, jsou pomocí tabulky zvýrazněny jejich výhody a nevýhody. To by mělo pomoci k rychlejší orientaci v problematice upínání. Za zmínku stojí například upínače HSK pro rychlou a přesnou výměnu nástrojů a také dnes již populární systém Capto pro svoji variabilitu ve výrobním procesu, ale i pro své vyšší pořizovací náklady.

Ve třetí části se práce zabývá rozdělením upínání nástrojů s válcovou stopkou. Toto rozdělení navazuje na předešlé a je zde popsán vztah nástroje s upínačem. Samozřejmě i zde je mnoho druhů upnutí nástroje. V této práci jsou popsány ty nejvíce používané. Za zmínku stojí například polygonální upínače Tribos, které dobře tlumí vibrace, a nebo tepelné upínače se systémem Safelock. Ty chrání nástroj i vřeteno stroje při kolizi. To vše snižuje celkové náklady na výrobní proces.

Na úplný závěr nemohu doporučit nejdokonalější upínací systém. Každý z uvedených typů má své výhody, ale i limity svého využití ve své oblasti. Z tohoto důvodu se výběr správného upínače musí řídit přáním zákazníka a jeho ekonomickými možnostmi. Každý typ upínače je určen pro svou oblast použití, proto typy, které jsou zde popsány, by měly čtenáře nasměrovat správným směrem pro výběr upínacího systému dle jeho požadavků.



SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] Z historie vývoje fréz, frézovacích strojů a frézování. [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/z-historie-vyvoje-frez-frezovacich-stroju-a-frezovani/>

[2] KNUT VFM 4. [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.pilart.cz/produkt/kNUTH-VFM-4-494/>

[3] Úvod. [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.t-support.cz/t-support/?rubrika=1467>

[4] Rozhraní držák – obráběcí stroj. [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.t-support.cz/t-support/?rubrika=1470>

[5] Tool Holders for VMC HMC and Convencional Machines. [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.indiamart.com/parthenterprises/spindle-toolings.html>

[6] Nástrojové kužely. [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/nastrojove-kuzely/>

[7] DIN228 Kleštinový upínač Mk2xER20. [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.mt-nastroje.cz/i-zavitniky/eshop/40-1-Upinace-trny-a-redukce/0/5/13239-DIN228-Klestinovy-upinac-Mk2xER32-7711>

[8] End mill holder set 5-piece, R8. [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: http://littlemachineshop.com/products/product_view.php?ProductID=1258

[9] Toolholder DIN 2080. [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.turning-tools.com/tool-holder-din-2080>

[10] KNUT MF 5V. [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.pilart.cz/produkt/KNUTH-MF-5V-512/>

[11] Cut – Tools. [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.cut-tools.de/reduzierh%C3%BClsen-69871-p-1293.html?language=en>

[12] Evaluating Tool holders for wear. [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.cattspindlegrinding.com/evaluating-tool-holders-for-wear.html>

[13] JIS B 6339. [online]. [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: http://www.upinacinaradi.eu/App_Firma/Images-pilana/RBT.jpg

[14] HUNKA, R. Rešerše nástrojových upínacích rozhraní frézovacích strojů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 46s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Pavlík.



[15] BRŠEL, M. Trendy současného vývoje nástrojových upínacích rozhraní frézovacích strojů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 34s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Pavlík.

[16] Dorian Tool CAT50 Shank Alloy Steel 8620 End Mill Holder. [online]. [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.amazonsupply.com/dorian-tool-cat50-projection-diameter/dp/B00CB0TD0U>

[17] BIG – PLUS. [online]. [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.sandvik.coromant.com/en-gb/products/bigplus/pages/default.aspx>

[18] BIG – PLUS spindle system. [online]. [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: http://www.big-daishowa.com/big-plus_index.php

[19] Big Kaiser precision tooling. [online]. [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.bigplustooling.com/benefits.html>

[20] Nejlepší upínací rozhraní s kuželem 7/24. [online]. [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.tgs.cz/cs/nastroje/upinani/nikken/nejlepsi-upinaci-rozhrani-s-kuzelem-7-24-strmy-kuzel-sk-system-nikken-3lock.ep/>

[21] GROB introduces the G750 and enhances the performance of its universal machina. [online]. [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.grobgroup.com/en/news/messeimpressionen/emo-2013/mittwoch-18-september-2013.html>

[22] Upínače nástrojů (4): Rozhraní držák - obráběcí stroj. [online]. [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: http://www.technickytydenik.cz/rubriky/serial/upinace-nastroju/upinace-nastroju-4-rozhrani-drzak-obrabeci-stroj_8500.html

[23] An HSK Primer. [online]. [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: http://www.hskworld.com/articles/hsk_primer/hsk_primer.htm

[24] Guhring Tool Holders – HSK overview. [online]. [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.guhring.com/ProductsServices/Toolholders/HSK/Overview/>

[25] Rotating tools catalog [online]. [cit. 2014-05-25]. Toolholding system. Dostupné z: http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/catalogue/CZE/ROT_G.pdf

[26] BERG Capto Hydraulic Self-Locking Clamping Systems. [online]. [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.tacrockford.com/product/machine-components/automatic-tool-clamping-systems/berg-shr-hydro-mechanical-tool-clamping/berg-capto-hydraulic-self-locking-clamping-systems/#image>

[27] M35G, with sub-spindle G. [online]. [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <https://www.interempresas.net/MetalWorking/Articles/46123-Lagun-Artea-is-equipped-with-two-lathes-multifunction-WFL.html>



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

- [28] Coromant Capto. [online]. [cit. 2041-05-25]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/coromant_capto/Pages/default.aspx#/?q=cocogrip
- [29] HSK-A/C/E 63 to Steep Taper 40 (DIN) Tool Adapter. [online]. [cit. 2041-05-25]. Dostupné z: <http://www.tacrockford.com/product/tool-holders/adapters-extensions/hsk-to-steep-taper/part/618.363.840.000/#image>
- [30] Kleštiny OZ25, 7 - 25mm, 7 ks + kleštinový upínač MK3 / M12. [online]. [cit. 2041-05-25]. Dostupné z: <http://www.bow.sk/produkt/3352050-klestiny-oz25-7-25mm-7-ks-klestinovy-upinac-mk3-m12/>
- [31] Druhy upínačů (2). [online]. [cit. 2041-05-25]. Dostupné z: <http://www.t-support.cz/t-support/?rubrika=1468>
- [32] STOPKOVÁ FRÉZA 3MM PRO DRÁŽKY PER DLOUHÁ NESOUMĚRNÁ 3BŘ. HSS CO8 WELDON 3MM , DLOUHÁ , HSSCO8 , WELDON. [online]. [cit. 2041-05-25]. Dostupné z: <http://www.kovonastroje.cz/sk/Nastroje-pro-kovoobrabeni/Frezovani/Frezy/Stopkove-frezy/Frezy-pro-drazky-per/3-brite-pro-drazky-per/Stopkova-freza-3mm-pro-drazky-per-dlouha-nesoumerna-3br-HSS-Co8-weldon-3mm-dlouha-HSSCo8-weldon.html>
- [33] BT 30 Weldon Style End Mill Holders (Inch). [online]. [cit. 2041-05-25]. Dostupné z: http://parlecparts.com/pages/bt_30_weldon_style_end_mill_holders_inch
- [34] Toolingcenter. [online]. [cit. 2041-05-25]. Dostupné z: [https://www.toolingcenter.com/EN/category/Main%20catalogue/Tool%20Holders/Rotating%20Toolholders/ISO%2012164%20\(DIN%2069893\)/Cylindrical%20shank%20adapter/Whistle%20Notch](https://www.toolingcenter.com/EN/category/Main%20catalogue/Tool%20Holders/Rotating%20Toolholders/ISO%2012164%20(DIN%2069893)/Cylindrical%20shank%20adapter/Whistle%20Notch)
- [35] Princip silově deformačního upínače – Tribos. [online]. [cit. 2041-05-25]. Dostupné z: http://www.winter-servis.cz/index.php?page=schunk/n_tribos
- [36] Polygonal clamping system Operating manual SVP-2D. [online]. [cit. 2041-05-25]. Dostupné z: http://www.schunk.com/schunk_files/attachments/OM_WH_SVP-2-Druckbegr__EN.pdf
- [37] TRIBOS Polygonal clamping. [online]. [cit. 2041-05-25]. Dostupné z: http://www.us.schunk.com/schunk/schunk_websites/products/products.html?product_level_1=247&product_level_2=267&product_level_3=0&country=USA&lngCode=EN&lngCode2=EN
- [38] TENDO E compact in details. [online]. [cit. 2041-05-25]. Dostupné z: http://www.schunk.com/schunk_files/attachments/TENDO_E_Compact_EN.pdf
- [39] Shank Structure of End Mill and Tool Holder. [online]. [cit. 2041-05-25]. Dostupné z: <http://www.google.com/patents/US20130322980>



[40] HIGH PRESSURE TECHNOLOGY. [online]. [cit. 2041-05-25]. Dostupné z: <http://www.abnox.com/htm/690/en/High-pressure-technology.htm>

[41] Diebold ThermoGrip® – Smršťovací technika. [online]. [cit. 2041-05-25]. Dostupné z: <http://www.tepelneupinani.cz/technika/>

[42] Novinky v upínání nástrojů. [online]. [cit. 2041-05-25]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/novinky-v-upinani-nastroju-2.html>

[43] Indukční přístroj pro tepelné upínání POWER CLAMP BASIC. [online]. [cit. 2041-05-25]. Dostupné z: <http://www.verko.cz/indukcni-pristroj-pro-tepelne-upinani-power-clamp-basic-bez-chlazení-14971/>

[44] Princip přesného univerzálního upínače – Sino. [online]. [cit. 2041-05-25]. Dostupné z: http://www.winter-servis.cz/index.php?page=schunk/n_sino

[45] Safe-Lock: Nová generace ochrany proti vytažení stopkových fréz z tepelných upínačů. [online]. [cit. 2041-05-25]. Dostupné z: <http://www.prumysl.cz/safe-lock-nova-generace-ochrany-proti-vytazeni-stopkovych-frez-z-tepelnych-upinacu/>

[46] Titanium Calls for a Tight Hold on the Tool. [online]. [cit. 2041-05-25]. Dostupné z: <http://www.mmsonline.com/articles/titanium-calls-for-a-tight-hold-on-the-tool>



SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| Obr.1. Frézka z roku 1862[1]..... | 1 |
| Obr.2. Části konzolové frézky[2]..... | 1 |
| Obr.3. Části upínače[3]..... | 2 |
| Obr.4. Příklad měření házení[3]..... | 2 |
| Obr.5. Různé druhy stopek upínačů[5]..... | 3 |
| Obr.6. Příklad upínače s Morse kuželem[7]..... | 4 |
| Obr.7. Schéma kleštinového upínače s Morse kuželem[7]..... | 5 |
| Obr.8. Příklady velikostí upínače R8[8]..... | 5 |
| Obr.9. Upínač ISO pro ruční výměnu[9]..... | 6 |
| Obr.10. Horizontální frézka s vřetenem pro ISO upínač[10]..... | 7 |
| Obr.11. ISO upínač pro automatickou výměnu[11]..... | 7 |
| Obr.12. Rozšíření vřetená při vysokých otáčkách[12]..... | 8 |
| Obr.13. Upínač MAS BT[13]..... | 9 |
| Obr.14. Upínač CAT50[16]..... | 9 |
| Obr.15. Dvojitý kontakt systému BIG - PLUS[17]..... | 10 |
| Obr.16. Upnutí a pružná deformace systému BIG - PLUS[18]..... | 10 |
| Obr.17. Srovnání opakovatelnosti upnutí[19]..... | 11 |
| Obr.18. Systém Nikken 3 Lock[20]..... | 11 |
| Obr.19. CNC obráběcí centrum G750 od firmy Grob s vřetenem HSK[21]..... | 12 |
| Obr.20. HSK mechanismus před upnutím[22]..... | 13 |
| Obr.20. HSK mechanismus po upnutí[22]..... | 13 |
| Obr.22. Srovnání velikosti HSK a konvenčního upínače [23]..... | 13 |
| Obr.23. Typy upínačů HSK [24]..... | 14 |
| Obr.24. Modulárnost systému Capto[25]..... | 15 |
| Obr.25. Mechanismus upínání systému Capto[26]..... | 16 |
| Obr.26. Polygonální stopka systému Capto[4]..... | 16 |
| Obr.27. Multifunkční obráběcí centrum M35G s upínačem Capto[27]..... | 17 |
| Obr.28. Upínač HSK s redukcí na ISO[29]..... | 18 |
| Obr.29. Kleštinový upínač s kleštinami pro různé průměry nástroje[30]..... | 19 |
| Obr.30. Nástroj s vyfrézovanou drážkou[32]..... | 20 |
| Obr.31. Upínač Weldon[33]..... | 20 |
| Obr.32. Upínač Whistle Notch[34]..... | 20 |
| Obr.33. Princip upínání Tribos[35]..... | 21 |
| Obr.34. Hydraulické zařízení SVP-2 D[36]..... | 22 |
| Obr.35. Pět typů upínače Tribos[37]..... | 23 |
| Obr.36. Řez upínačem Tendo[38]..... | 24 |
| Obr.37. Vnitřní mechanismus CoroGrip pro upnutí nástroje[39]..... | 25 |
| Obr.38. Ruční zařízení pro vyvození tlaku[40]..... | 26 |
| Obr.39. Průběh teplot při ohřívání upínače[41]..... | 26 |
| Obr.40. Tepelný upínač Haimer se stopkou Capto[42]..... | 27 |
| Obr.41. Indukční přístroj pro tepelné upínání POWER CLAMP BASIC[43]..... | 27 |
| Obr.42. Univerzální upínač Sino[44]..... | 28 |
| Obr.43. Příklad upínače a nástroje se systémem Safelock[45]..... | 29 |
| Obr.44. Princip mechanismu Safelock[46]..... | 30 |



SEZNAM TABULEK

| | |
|--|----|
| Tab. 1. Výhody a nevýhody upínače s Morse kuželem..... | 4 |
| Tab. 2. Výhody a nevýhody ISO upínače..... | 8 |
| Tab. 3. Výhody a nevýhody systému BIG – PLUS..... | 11 |
| Tab. 4. Výhody a nevýhody HSK upínačů..... | 15 |
| Tab. 5. Výhody a nevýhody systému Capto..... | 18 |

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZNAČEK

| | |
|----------------------|---------------------------------------|
| CNC | Computer Numerical Control |
| CAD | Computer Aided Design |
| CAM | Computer Aided Manufacturing |
| Obr. | obrázek |
| Tab. | tabulka |
| ot·min ⁻¹ | počet otáček za minutu |
| G | stupeň přesnosti vyvážení |
| mm | milimetr |
| ° | stupeň |
| Nm | newton metr |
| °C | stupeň Celsia |
| ANSI | American National Standards Institute |
| např. | například |
| tzv. | takzvaně |